



---

# **BACHELORARBEIT**

---

Frau  
**Hanna Sidziuk**

**Einbindung von Unternehmen  
in globale Wertschöpfungsket-  
ten auf Basis der Konzeption  
„Industrie 4.0“**

**Mittweida, 2017**

# **BACHELORARBEIT**

---

## **Einbindung von Unternehmen in globale Wertschöpfungsket- ten auf Basis der Konzeption „Industrie 4.0“**

Autorin:  
**Frau Hanna Sidziuk**

Studiengang:  
**Wirtschaftsingenieurwesen**

Seminargruppe:  
**BW13w3-B**

Erstprüfer:  
**Prof. Dr. rer. oec. Serge Velesco**

Zweitprüfer:  
**Prof. Dr. rer. oec. Johannes N. Stelling**

Einreichung:  
Mittweida, 18.04.2017

# **BACHELOR THESIS**

---

## **Inclusion of companies into global value added chains based on the conception “In- dustry 4.0”**

author:

**Ms. Hanna Sidziuk**

course of studies:

**Industrial Engineering**

seminar group:

**BW13w3-B**

first examiner:

**Prof. Dr. rer. Oec. Serge Velesco**

second examiner:

**Prof. Dr. rer. oec. Johannes N. Stelling**

submission:

Mittweida, April 18th 2017

---

## **Bibliografische Angaben**

Sidziuk, Hanna:

Einbindung von Unternehmen in globale Wertschöpfungsketten auf Basis der Konzeption „Industrie 4.0“

Inclusion of companies into global value added chains based on the conception “Industry 4.0”

64 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,  
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen, Bachelorarbeit, 2017

## **Abstract**

In der vorliegenden Arbeit werden der aktuelle Zustand der Umsetzung der Konzeption „Industrie 4.0“ im Allgemeinen sowie im Besonderen anhand der Beispiele Deutschland und Belarus beschrieben. Darüber hinaus werden Zukunftsstrategien erarbeitet. Die Autorin sammelt und analysiert die Erfahrungen bereits mit dieser Konzeption arbeitender Unternehmen und formuliert Hinweise für belarussische Unternehmen, diese umzusetzen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>II</b>
<b>Vorwort .....</b>	<b>VI</b>
<b>1 Theoretische Grundlagen der Wertschöpfung sowie der Konzeption „Industrie 4.0“ .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1 Wesen der globalen Wertschöpfungskette.....	3
1.2 Vorgehensweise bei der Bewertung der Einbindung eines Staates sowie der verschiedenen Branchen seiner Wirtschaft in globalen Wertschöpfungsketten.....	8
1.3 Die Konzeption „Industrie 4.0“ als eine Grundlage der Einbindung von Unternehmen in globale Wertschöpfungsketten.....	12
1.4 Zusammenfassung des ersten Kapitels.....	22
<b>2 Umsetzung der Konzeption „Industrie 4.0“ in Deutschland: Erfahrungen und Perspektiven.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Momentaner Status der Realisierung der Konzeption „Industrie 4.0“ in Deutschland.....	30
2.2 Beurteilung der Grundvoraussetzungen Deutschlands für eine breite Anwendung von „Industrie 4.0“.....	35
2.3. Kosten und Nutzen der Umsetzung der Konzeption „Industrie 4.0“.....	37
2.4. Zusammenfassung des zweiten Kapitels.....	40
<b>3 Möglichkeiten der Einbindung belarussischer Unternehmen in globale Wertschöpfungsketten.....</b>	<b>42</b>
3.1 Einschätzung der Beteiligung belarussischer Unternehmen an globalen Wertschöpfungsketten sowie Integrationswege durch „Industrie 4.0“....	49
3.2 Perspektiven des Einsatzes der Konzeption „Industrie 4.0“ in Belarus..	55
3.3. Zusammenfassung des dritten Kapitels.....	60
<b>4 Schlussfolgerung.....</b>	<b>62</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>IX</b>
<b>Anhänge.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Eigenständigkeitserklärung .....</b>	<b>II</b>

## Vorwort

Die moderne Wirtschaft ist gekennzeichnet durch eine weit fortgeschrittene Globalisierung, deren Hauptausprägung in der Bildung staatsübergreifender Wertschöpfungsketten besteht. Dies spiegelt sich darin wider, dass viele große Unternehmen immer häufiger für den Einkauf von für ihre Produktionen notwendigen Gütern auf Zulieferer zurückgreifen, die sich an unterschiedlichsten Orten dieser Welt befinden, was wiederum ein erhöhtes Maß an Kommunikation zwischen Unternehmen voraussetzt. Die Einbindung in bestehende Strukturen bietet Unternehmen eine große Zahl an Vorteilen wie beispielsweise der Zugang zu neuen Märkten sowie Know-How führender Unternehmen in den Bereichen Technologie und Verwaltung. Eine wichtige Bedingung für die Einbindung eines Unternehmens in die globale Wertschöpfungskette ist die Erfüllung der Anforderungen an die Qualität der produzierten Erzeugnisse, ihre Preise, die Lieferfristen sowie die Flexibilität. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit der Anwendung neuer Technologien, die sowohl ein großes Potential für eine Effizienzsteigerung der Produktion, als auch eine Beschleunigung der Kommunikation zwischen Unternehmen bietet. Momentan befindet sich die Welt auf der Schwelle zur vierten industriellen Revolution, die in der westlichen Welt die Bezeichnung "Industrie 4.0" erhalten hat. Die praktische Anwendung ihrer Prinzipien ermöglicht die Schaffung einer neuen Generation von Produktion, die Erhöhung der Konkurrenzfähigkeit von Unternehmen und eine Vereinfachung von Kommunikationsprozessen. Auf diese Art und Weise wird die Einbindung in die globale Wertschöpfungskette erleichtert, was die Aktualität dieser Arbeit ausmacht. Ziele dieser Arbeit: Ausarbeitung einer theoretischen Basis der Konzeption "Industrie 4.0"; Analyse der praktischen Erfahrung Deutschlands in ihrer Anwendung sowie Ermittlung von Möglichkeiten der Einbindung belarussischer Unternehmen in die globale Wertschöpfungskette auf ihrer Basis.

**Ziele der Arbeit:** Betrachtung der Beschaffenheit der globalen Wertschöpfungskette;

Schöpfung eines Bewertungssystems für das Ausmaß der Einbindung eines Staates in die globale Wertschöpfungskette;

Festlegung der theoretischen Prinzipien der Konzeption "Industrie 4.0";

Analyse der Einbindung deutscher Unternehmen in die globale Wertschöpfungskette;

Bestimmung des aktuellen Verbreitungsstandes der Technologien von "Industrie 4.0" in deutschen Unternehmen;

Bewertung der Perspektiven der Einbindung Deutschlands der globalen Wertschöpfungskette im Zusammenhang mit der Umsetzung der Konzeption sowie der damit einhergehenden Kosten und Nutzen;

Analyse des Ist-Zustandes belarussischer Produktionsbetriebe und sowie ihrer Einbindung in die globale Wertschöpfungskette;

Erschließung von Möglichkeiten für die Einbindung belarussischer Unternehmen in die globale Wertschöpfungskette auf Basis der Konzeption "Industrie 4.0";

Bewertung von Kosten und Nutzen, die sich im Zusammenhang mit der Umsetzung dieser Konzeption in Belarus ergeben.

**Forschungsobjekt** dieser Arbeit ist die Einbindung von Unternehmen in die globale Wertschöpfungskette auf Basis der Konzeption "Industrie 4.0".

**Forschungsgegenstand** ist die Einbindung deutscher und belarussischer Unternehmen in globale Wertschöpfungsketten auf Basis der Konzeption "Industrie 4.0".

**Hauptquellen** dieses Werkes sind folgende Veröffentlichungen:

- "The nature and growth of vertical specialization in world trade"; David Humelsa, Jun Ishiib, Kei-Mu Yi
- "Новая статистика движения добавленной стоимости в международной торговле"; A. N. Ponomarenko, K. J. Muradow
- "Give credit where credit is due: tracing value added in global production chains"; Robert Koopman, William Powers, Zhi Wang, Shang-Jin Wei
- "Industrie 4.0 - volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland"; Professor Dr.-Ing. Wilhelm Bauer, Dr.-Ing. Sebastian Schlund, Dr.-Ing. Dirk Marrenbach, Dipl.-Ing. M. Sc. Oliver Ganschar
- "Industrie 4.0 – volks- und –betriebswirtschaftliche Faktoren für der Standort Deutschland"; Dr. Steffen Wischmann, Dr. Leo Wangler; Alfons Botthof

Im zweiten Kapitel werden Informationen aus dem Datensatz "Trade in Value Added (TiVA)" der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, der die

Statistiken nationaler sowie internationaler Wertschöpfungsketten im Außenhandel von 61 Staaten in 34 Sektoren enthält.

Berechnungsgrundlage für das dritte Kapitel sind das Tabellensystem "Aufwendungen-Ausstoß" von Belarus, statistische Informationen der Eurasischen Wirtschaftskommission sowie Datensätze der OSZE.

Was die Struktur angeht, so lässt sich die vorliegende Arbeit in theoretische und berechnend-analytische Teile, Schlussfolgerungen, Quellenverzeichnis und Anhänge aufteilen. Im theoretischen Teil wird das Wesen der globalen Wertschöpfungskette dargestellt, das System von Faktoren zur Bewertung des Ausmaßes der Teilnahme einer Volkswirtschaft (Land / Staat) in ihren verschiedenen Bereichen betrachtet, eine Charakteristik der Konzeption "Industrie 4.0" gegeben und darüber hinaus ein Bewertungssystem erstellt, das Auskunft über die Effektivität ihrer praktischen Anwendung gibt. Im berechnend-analytischen Teil werden eine Analyse über das Ausmaß der Einbindung deutscher und belarussischer Produktionsbetriebe in die globale Wertschöpfungskette angestellt, Anwendungsperspektiven der Konzeption "Industrie 4.0" in beiden Staaten ermittelt, Kosten und Nutzen in diesem Zusammen bewertet, Möglichkeiten für die Einbindung deutscher und belarussischer Unternehmen in die globale Wertschöpfungskette ermittelt und darüber hinaus Empfehlungen für die Einführung von "Industrie 4.0" in Belarus gegeben. Das Quellenverzeichnis umfasst 63 Positionen.



# **1 Theoretische Grundlagen der Wertschöpfung sowie der Konzeption „Industrie 4.0“**

Die Wertschöpfung ist eine ökonomische Kategorie, die eng mit den Prozessen der Schaffung, Weiterverarbeitung, Bearbeitung und der Einführung von Waren auf den Markt verbunden ist. Sie gibt jedem Teilnehmer der Produktionskette in einer bestimmten Branche, wobei sie sich gemäß des Anstieges der Anzahl von Zwischenschritten vergrößert.

Aus historischer Sicht gibt es zwei Herangehensweisen für das Verständnis der Wertschöpfungskette: die klassische und die rechnerische.

Als Basis der klassischen Theorie der Wertschöpfung gelten die klassischen wissenschaftlichen Werke der Ökonomen Adam Smith und David Ricardo. Ihre Theorien basieren auf einer Konzeption von Wert, dessen Grundlage Arbeit darstellt. Gemäß dieser Konzeption, versteht man unter "Wertschöpfung" den Wert, den Arbeiter durch ihr Wirken erschaffen. Nach Smiths Auffassung erhält der Arbeiter eine Beteiligung an ihr in Form seines Gehaltes, den übrige Teil erhalten die Besitzer des Kapitals als Gewinn. Ricardo formulierte ein Gesetz zur umgekehrt proportionalen Abhängigkeit der Größen Arbeitsentgelt sowie Gewinne. Er schrieb: "Welcher Prozentsatz des Produkts wird in Form von Löhnen bezahlt - die Frage ist extrem wichtig in der Studie des Einkommens. Vorerst müssen Sie beachten, dass diese hoch oder niedrig im gleichen Verhältnis sein werden, wie niedrige oder hohe Gehälter wären". Eine Weiterentwicklung dieser Klassiker geschah durch Karl Marx. Er betrachtete Kapital als "Wert, eingebrachter Wert". Seiner Meinung nach wird Wert durch Lohnarbeiter geschaffen, daraufhin geschieht eine Neuaufteilung in Gehalt für den Schaffenden sowie Gewinn für den Kapitalbesitzer.

Die rechnerische Herangehensweise basiert auf der Grundannahme, dass Wertschöpfung durch Produktionsmittel geschaffen wird: Arbeit, Land, Kapital. Einer der Vertreter dieser Herangehensweise ist Jean-Baptiste Say. Seiner Meinung nach sind die Quellen der Wertschöpfung Arbeitsentgelt, Bodenrente und Zinsen. Sein Nachfolger John Bates Clark vertrat die Auffassung, dass jeder dieser Produktionsfaktoren einen begrenzten Effekt auf die Produktion hat. Deshalb gebe es Grund zu glauben, dass die Beteiligung von Arbeit, Land und Kapital bei der Bildung des Preises einer Ware durch ihre Grenzproduktivität bestimmt werden. Clark entwickelte das Gesetz der absteigenden Produktivität von aufeinanderfolgenden Ausgaben, das den Prozess der Wertschöpfung charakterisiert: Das Grenzprodukt eines beliebigen Faktors der Produk-

tion verringert sich, falls das Ausmaß der Nutzung der gegebenen Faktoren wächst. Dabei ändert sich der Umfang der Nutzung anderer Faktoren nicht

Was die moderne Interpretation der Wertschöpfung angeht, so wird sie in westlicher Literatur häufig anhand der Wertsteigerung gemessen. Sie entspricht also dem Unterschied zwischen dem Endpreis des Produktes und dem Preis aller Güter und Dienstleistungen, die zur Herstellung eines Produktes durch ein Unternehmen in Anspruch genommen werden. Wertschöpfung zeigt die Schaffung von "Werten" als Ergebnis von produktionstechnischen Transformationsprozessen. Diese Wertschöpfung wird unter allen Partizipanten aufgeteilt: Arbeiter erhalten Arbeitsentgelte, Aktionäre Dividenden, Kreditoren Zinsen und der Staat Einnahmen über Steuern (Abbildung 1.1.).

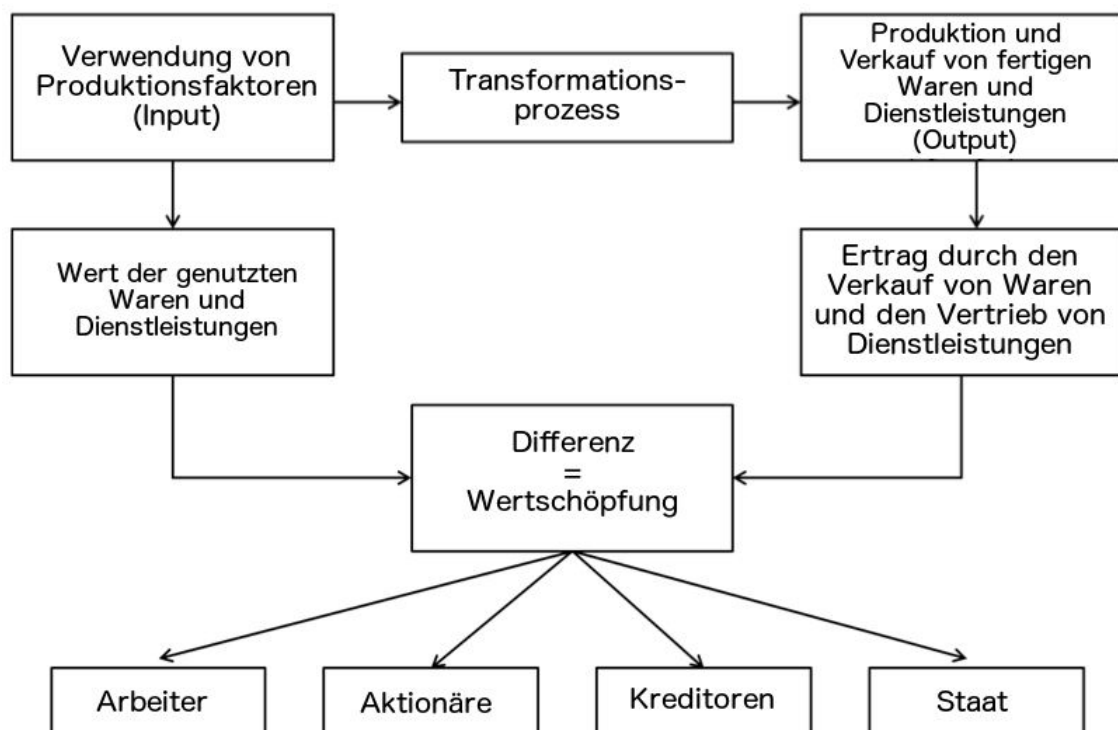


Abbildung 1.1: Prozess der Wertschöpfung

Im Rahmen anderer Betrachtungsweisen bezüglich der Wertschöpfung wird der Zusatznutzen für die Kunden betrachtet, der nach der Verarbeitung eines Gutes als Ergebnis verschiedener Phasen eines technologischen Prozesses entsteht. Die Prozesse der globalen Wertschöpfung werden in mittelbare und unmittelbare unterteilt. Mittelbare Prozesse schaffen direkten Gewinn für Klienten. Hierzu zählt man primäre Geschäftsprozesse wie beispielsweise die Produktion, Vertrieb und Kundendienst. Zur Gattung der Indirekten zählt man hingegen sekundäre Prozesse, wie beispielsweise Vorgänge im Personal-, Ressourcen und Qualitätsmanagement. Diese schaffen keine direkten Kundennutzen, stellen jedoch eine unabdingbare Voraussetzung für die Primärvorgänge dar.

Die Übertragung von Wertschöpfungselementen ins Ausland bringt zusätzliche Vorteile durch die Möglichkeiten diesen Länder zusätzliche Vorteile mit sich, zum Beispiel Marktwachstum, Lohnniveau und so weiter. Allerdings fällt das Unternehmen automatisch in Abhängigkeit zur Entwicklung fremder Märkte. Faktoren wie beispielsweise Rezessionen, politische Veränderungen, Revolutionen und Kriege können somit Auswirkungen auf die Tätigkeit des Unternehmens haben.

## 1.1 Wesen der globalen Wertschöpfungskette

Jedes Produkt muss eine Vielzahl unterschiedlicher technischer Verarbeitungsabschnitte durchlaufen. Der gesamte Schaffungsprozess eines bestimmten Produktes besteht aus der Summe der einzelnen produktionstechnischen Transformationsprozesse, die als Wertschöpfungskette bezeichnet werden. Das Ausmaß der Abstimmung der Prozesse sowie ihrer untergeordneten Etappen aufeinander bestimmt die Effektivität des Produktionsvorganges. Einfach ausgedrückt versteht man unter Wertschöpfungskette den Eingang von Input (also produktionstechnischer Faktoren) und seine Umwandlung in Output, also eine fertige Ware oder Dienstleistung.

Die komplexe Form der Wertschöpfungskette wird in Abbildung 1.2. dargestellt.

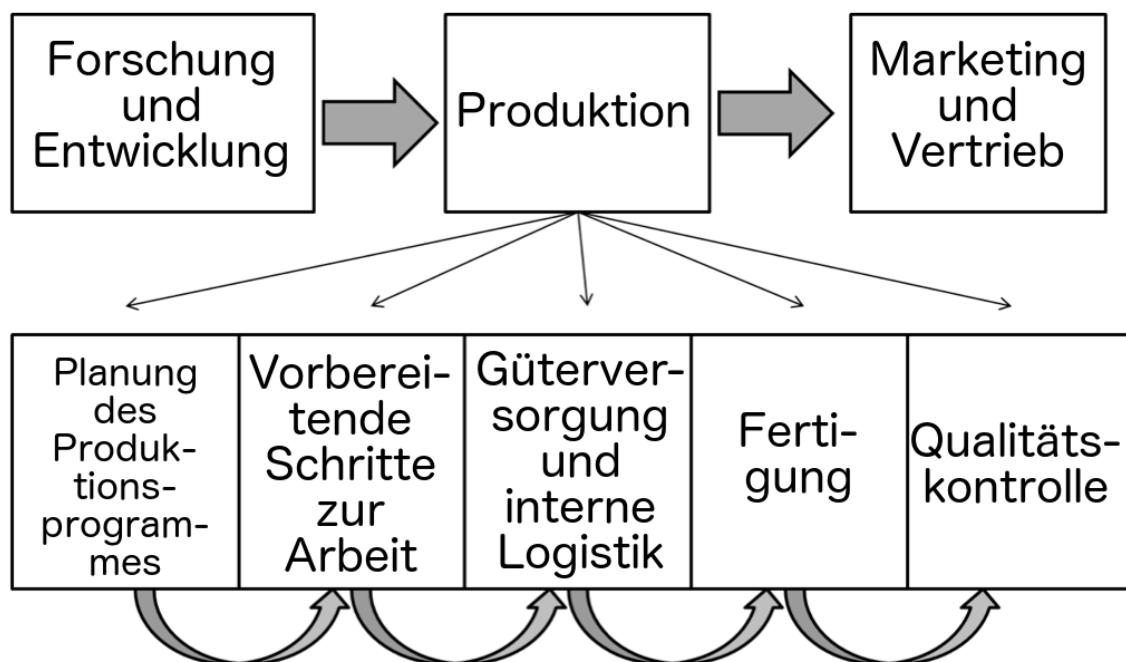


Abbildung 1.2: Wertschöpfungskette

Unter Produktion versteht man den Prozess der Schaffung eines Produktes. Er beinhaltet alle Handlungsbereiche eines Unternehmens, die unmittelbar mit der Produkti-

onstätigkeit in Verbindung stehen. Hierzu zählen folgende Prozesse: Planung des Produktionsvorganges, Vorbereitung der nötigen Arbeitsschritte, Organisation der Güterversorgung sowie der internen Logistik, Fertigung und Qualitätskontrolle.

Zum Bereich Planung des Produktionsvorganges zählen Schritte und Charakteristika wie Produktion, Menge und Produktionsdaten. Konkrete Produktformen werden auf Basis der Unternehmensstrategie in Abhängigkeit von gegebenen Bestellungen durch Kunden festgelegt.

Unter Planung der nötigen Arbeitsschritte versteht man die Festlegung der zur Produktion notwendigen Prozesse wie beispielsweise die Arbeit, Versorgung des Unternehmens mit Rohstoffen oder Materialien sowie Planung von Zukauf und optimale Nutzung von Produktionsmitteln.

Die Organisation der Güterversorgung sowie interne Logistik schließt sämtliche Handlungen mit ein, die mit Zukauf, Lagerung (inklusive Kontrolle der Vorräte) und der Verteilung der Materialien (Rohstoffe und Halbfabrikate) für interne Produktionstätigkeit in Zusammenhang stehen. Prozesse wie Zustellung an Kunden, Lagerung und Transport fertiger Güter zwischen Zulieferer und Unternehmen sowie zwischen Unternehmen und Endverbraucher werden zum Bereich Outbound-Logistik gezählt.

Zur Kategorie Fertigung werden sämtliche Operationen gezählt, die unmittelbar mit der Produktion in Verbindung stehen. Abhängig von der Branche können hierzu verschiedene Tätigkeitsarten gezählt werden, beispielsweise bei der Fahrzeugproduktion die Fertigung von Einzelteilen sowie deren Montage oder bei der chemischen Industrie die zur Herstellung verwendeten chemischen Reaktionen.

Die Sphäre Qualitätskontrolle beinhaltet die Überprüfung der Qualität der Produktion und der Verluste, die durch Fehlproduktionen entstehen. Darüber hinaus gehört hierzu die Ermittlung und Umsetzung notwendiger Maßnahmen zur Steigerung der Endqualität.

Nur in dem Fall, wenn alle zum Bereich der Wertschöpfungskette gezählten Faktoren in der produktionstechnischen Planung sowie in Verwaltung und Kontrolle im selben Maße berücksichtigt werden, kann die Zuverlässigkeit der Wertschöpfungskette in allen Bereichen als gewährleistet betrachtet werden: vom Eingang der Bestellung bis hin zur Qualitätskontrolle. Eine wesentliche Rolle in diesem Kontext spielen darüber hinaus die Zuverlässigkeit des Informationsflusses, Informationsgewinnung im Bereich der wissenschaftlich-forschenden sowie experimentellen Entwicklung sowie in Marketing und Vertrieb.

In den 80er-Jahren stellte Michael Porter sein Modell der Wertschöpfungskette vor, das ein analytisches Instrument zur Systematisierung und Untersuchung aller Prozesse dient, die in Unternehmen ablaufen. Im Rahmen dieses Modelles bestimmt Porter die Wertschöpfungskette als Verbindung aller Geschäftsprozesse eines Unternehmens, die mit Projektierung, Produktion, Absatz, Auslieferung und technischer Unterstützung in Zusammenhang stehen.

Nach Porters Modell wird die Wertschöpfungskette auf strategisch wichtige, miteinander verbundene Aktivitäten unterteilt. Es gibt Aufschluss über den Endpreis der Produktion, den der Kunde zu zahlen bereit ist. Angewandte Methoden und Praktiken für die Schaffung von Werten sowie ihre Verbindungen untereinander üben großen Einfluss auf den Erfolg des Unternehmens darin aus, die Vorteile bei den Produktionskosten im Vergleich zur Konkurrenz zu nutzen und eine langfristige Rentabilität zu erreichen und sicherzustellen.

Porters Auffassung nach setzt sich die Wertschöpfungskette aus primären Aktivitäten, die unmittelbar mit der Produktion oder dem Absatz verbunden sind, sowie aus sekundären, also unterstützenden (Abbildung 1.3).

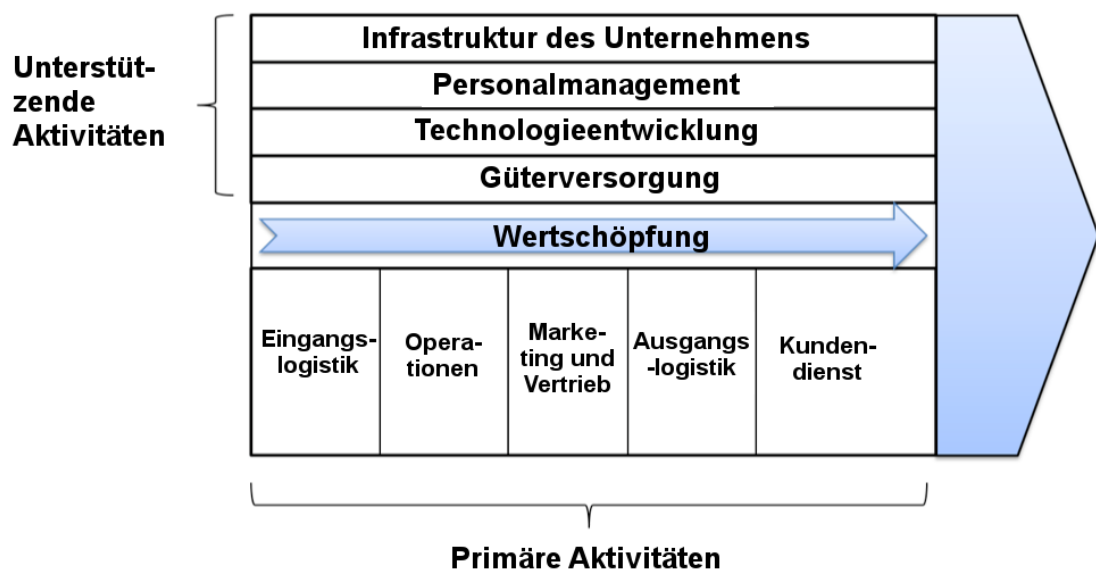


Abbildung 1.3: Porters Modell der Wertschöpfungskette

Zu den Primäraktivitäten zählt man Inbound-Logistik, interne Geschäftsprozesse, Marketing und Absatz, Kundenservice und Ausgangslogistik. Der Begriff Inbound-Logistik beinhaltet sämtliche Vorgänge, die Eingang, Lagerung und Vorbereitung von Rohstoffen sowie Vorprodukten betreffen. Unter Vorgängen versteht man in diesem Kontext sämtliche Handlungen, die mit der Produktion in Verbindung stehen. Marketing und Absatz vereinen Vertriebsaktivitäten wie die Förderung des Absatzes oder die Auswahl

von Verkaufswegen. Zur Ausgangslogistik werden sämtliche Vorgänge von der Aufbewahrung im Lager bis hin zur Auslieferung gezählt. Der Kundenservice umfasst diejenigen Vorgänge, die auf den Kunden ausgerichtet sind und mit der Verbesserung des Nutzens für den Kunden verbunden sind.

Zu den unterstützenden Faktoren zählt Porter die Güterversorgung, Technologieentwicklung, Personalverwaltung und Infrastruktur des Unternehmens. Zur Güterversorgung zählen alle mit dem Einkauf verbundenen Tätigkeiten, die die Basis für Primäraktivitäten bilden. Unter Technologieentwicklung versteht er wissenschaftlich-forschende und experimentelle Forschung, Bürokommunikation, technische Betreuung und Marktforschung. Das Personalmanagement umfasst Handlungen, die in Zusammenhang stehen mit der Personalauswahl, der Qualifikationssteigerung und der Entlohnung. Die Infrastruktur des Unternehmens schafft die Rahmenbedingungen für alle seine Aktivitäten. Abgesehen von der Leitung des Unternehmens zählen hierzu ebenfalls Handlungen wie die Planung, Finanzierung, Buchhaltung sowie das zur Hilfe Nehmen juristischer Unterstützung.

Die Wertschöpfungskette betrachtend kann ein Unternehmen in strategisch wichtige Bereiche unterteilt werden. Für jeden dieser Bereiche besteht die Möglichkeit, Empfehlungen auszuarbeiten, die mit der Markt- und Konkurrenzstrategie konform gehen. Im Falle einer Differenzierungsstrategie befände sich im Zentrum der Aufmerksamkeit im Bereich Inbound-Logistik dementsprechend die Qualitätskontrolle der zugekauften Rohstoffe und Vorprodukte. Die Priorität bei der Ausgangslogistik sollte in diesem Falle die schnelle und fristgerechte Auslieferung darstellen. Und im Bereich Personalmanagement sollte die Ergreifung qualifikationssteigernder Maßnahmen stehen, die die Fertigkeiten der Mitarbeiter verbessern.

Die Wertschöpfungskette eines einzelnen Unternehmens ist in andere, weitreichendere Ketten eingebunden, die aus den Wertschöpfungsketten von Zulieferern und weiteren Unternehmen besteht sowie auch Vertriebswege und Käufer berücksichtigt. Die Wertschöpfungskette von Zulieferern versorgt das Unternehmen mit Rohstoffen sowie Vorprodukten, die für das operative Geschäft vonnöten sind. Bevor das produzierende Unternehmen sein Produkt an den Endabnehmer übergeben kann, durchläuft dieses eine große Anzahl von Vertriebskanälen, die man als Erweiterung der Wertschöpfungskette betrachten kann. Für einen zusätzlichen Konkurrenzvorteil muss das Unternehmen also seine Wertschöpfungskette in übergeordnete Systeme einordnen.

Durch die Globalisierung fand eine Ausweitung der globalen Wertschöpfungsketten statt, die mit den jetzt weiter gefassten Aspekten der Wertschöpfung in Verbindung stehen. Die Schaffung moderner Wertschöpfungsketten setzt technologische Veränderungen im Prozess der Segmentierung der Produktion voraus: Unternehmen streben

eine Senkung von Handelskosten bei gleichzeitiger Erhöhung der eigenen Handlungseffizienz an, sodass Produktionen oftmals in Gebiete verlagert werden, in denen Arbeitskräfte günstiger sind, das Investitionsklima besser und die Steuergesetzgebung attraktiver ist. In dieser Situation entsteht die Notwendigkeit einer stetigen Überwachung und Kontrolle der Produktion. Dies wird ermöglicht durch die Anwendung neuer Computertechnologien, mit deren Hilfe weit entfernt ablaufende Prozesse unabhängig von der geographischen Lage durchgeführt werden.

Charakteristisch für globale Wertschöpfungsketten ist eine Erhöhung des Einflusses der Rollen nichtstaatlicher Akteure im System der internationalen Beziehungen. Zu diesen zählen nicht Staaten, sondern bestimmte transnationale Unternehmen, die nicht auf geographische Art und Weise mit einem bestimmten Staat in Verbindung stehen. Darüber hinaus gewinnen die Endverbraucher von Waren und Dienstleistungen beim Ablauf sämtlicher globaler Prozesse an Geltung. Ihre Präferenzen und Neigungen tendieren dazu, sich eher an weltweiten Trends zu orientieren als an nationalen Besonderheiten.

Die Einbindung in globale Wertschöpfungsketten kann für jegliche Staaten Vorteile mit sich bringen, ihr Ausmaß hängt jedoch vom Grad der Einbindung in regionale Wertschöpfungsketten sowie der Position des Staates in ihnen ab. Es ist anzumerken, dass die Teilnahme an diesen Prozessen sowohl Vor-, als auch Nachteile mit sich bringt. Deshalb ist es die Pflicht einer jeden Staatsregierung, die Folgen einer Einbindung in diese Strukturen adäquat zu bewerten.

Einer der Vorteile einer solchen Einbindung in globale Wertschöpfungsketten ist die Vergrößerung des Absatzmarktes, da Unternehmen die Möglichkeit eröffnet wird, auf dem globalen Markt zu agieren. Darüber hinaus nimmt die Konkurrenz zwischen Zulieferern von Ressourcen sowie Endprodukten zu, was zu einer Erhöhung des Qualitätsniveaus führt. Dies wiederum führt dazu, dass Unternehmen höherwertige Zwischenprodukte verwenden, was seinerseits eine Verbesserung der Qualität der Produktion im Allgemeinen mit sich bringt. Im Kampf um die Möglichkeit der Beteiligung an Wertschöpfungsketten auf höherem Niveau sind Unternehmen dazu angehalten, ihre Technologien zu modernisieren und das Humankapital zu steigern. Außerdem trägt dies zu positiven Änderungen in Sachen Konkurrenz und Geschäftsklima bei, was sich im Großen und Ganzen vorteilhaft in den Bedingungen verwandter und unterstützender Branchen niederschlägt. Diese indirekten Auswirkungen können zu einer Entwicklung neuer Wettbewerbsstrategien in bestimmten Regionen des Staates führen. Ein weiterer Vorteil kann die Anregung von ausländischen Direktinvestitionen in das Land sein, die, unter anderem, direkt auf die Entwicklung von Technologien und den Erwerb von Wissen Einfluss nehmen. Es ist zu erwähnen, dass die Teilnahme an globalen Wertschöpfungsketten einen Anstoß nicht nur für die Entwicklung der Infrastruk-

tur eines Staates darstellen können, sondern in Folge auch für die Erhöhung der Ausbildungsqualität und der Investitionen für Forschung, was wiederum günstigere Rahmenbedingungen für alle Unternehmen schafft.

Geht es um die Risiken, so ist besonders zu erwähnen, dass die Einbindung in globale Wertschöpfungsketten nach Meinung vieler Experten zu einer Verminderung der Exporte führt, was wiederum negative Auswirkungen auf die Außenhandelsbilanz hat. Unternehmen, die ins Ausland outsourcen, sind weniger vom nationalen Arbeitsmarkt abhängig, was zu einem Absinken der Beschäftigungsquote im Land führen kann. Darüber hinaus steigt neben dem Risiko der Abhängigkeit von einem bestimmten Zulieferung ebenfalls der Druck von Seiten der Koordinatoren globaler Netzwerke, also beispielsweise transnationaler Unternehmen, was das Entstehen ökologischer, konjunktureller, ökonomischer und sozialer Risiken mit sich bringt.

## 1.2 Vorgehensweise bei der Bewertung der Teilnahme eines Staates sowie der verschiedenen Branchen seiner Wirtschaft in globalen Wertschöpfungsketten

Eine Bewertung der Teilnahme eines Staates sowie der verschiedenen Branchen seiner Wirtschaft in globalen Wertschöpfungsketten ist mit Hilfe des im Folgenden beschriebenen Systemes von Indikatoren möglich. Die Basis zur Berechnung ist ein das Tabellensystem "Aufwendungen-Ausstoß", das Informationen über die Nutzung von Waren und Dienstleistungen in der Produktion verschiedener Sphären beinhaltet.

Einer dieser Indikatoren ist die vertikale Spezialisierung eines Landes, deren Berechnung nach einer von David Hummels, Jun Ishii und Kei-Mu Yi in ihrem Werk „The nature and growth of vertical specialization in world trade“ vorgestellten Formel vorgenommen wird. Der betreffende Indikator basiert auf Verrechnungen aller Koeffizienten der Gesamtausgaben. Er bestimmt den Anteil von importierten Waren im Bruttoexportsaldo. Sein Wert variiert zwischen 0 und 1, dabei gilt, dass je höher der Anteil von ausländischer Wertschöpfung am Export eines Landes ist, desto näher liegt der Wert am Faktor 1. Für die Bestimmung der vertikalen Spezialisierung müssen unbedingt folgende Elemente berechnet werden (Formeln (1.1) bis (1.4)):

$$A^D = \begin{pmatrix} a_{11}^d & a_{12}^d & \cdots & a_{1n}^d \\ a_{21}^d & a_{22}^d & \cdots & a_{2n}^d \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^d & a_{n2}^d & \cdots & a_{nn}^d \end{pmatrix} \quad (1.1)$$



$$A^M = \begin{pmatrix} a_{11}^m & a_{12}^m & \cdots & a_{1n}^m \\ a_{21}^m & a_{22}^m & \cdots & a_{2n}^m \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^m & a_{n2}^m & \cdots & a_{nn}^m \end{pmatrix} \quad (1.2)$$

$$EX = \begin{pmatrix} ex_1 \\ ex_2 \\ \cdots \\ ex_n \end{pmatrix} \quad (1.3)$$

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (1.4)$$

es gilt:

- $AD$  - Koeffizientenmatrix der direkten Nutzung von Inlandsgütern und Inlandsdienstleistungen in Form  $n \times n$ ;
- $AM$  - Koeffizientenmatrix der direkten Nutzung von importierten Waren und Dienstleistungen in Form  $n \times n$ ;
- $EX$  - Zeilenvektor Export
- $ex$  - Umfang des Exportes der bestimmten Branche
- $I$  - Einheitsmatrix in Form  $n \times n$

Für die Ermittlung der Koeffizienten, die Auskunft über direkte Ausgaben der Nutzung von Inlands- wie Auslandswaren und Dienstleistungen geben, werden Formeln (1.5) - (1.6) herangezogen:

$$a_{ij}^d = \frac{d_{ij}}{x_j}, \quad (1.5)$$

$$a_{ij}^m = \frac{m_{ij}}{x_j}, \quad (1.6)$$

es gilt:

- $d_{ij}$  - Nutzung von Inlandsgütern der Branchen  $i$  und  $j$ ;
- $m_{ij}$  - Nutzung von Importgütern der Branchen  $i$  und  $j$ ;

- $X_j$  - Bruttoproduktion der Branche j.

Nach Ermittlung der oben angeführten Elemente lässt sich der Indikator für die vertikale Spezialisierung rechnerisch festlegen (Formel (1.7)):

$$VS = \frac{uA^M[I-A^D]^{-1}EX}{uEX}, \quad (1.7)$$

es gilt:

- VS - vertikale Spezialisierung in Form des Ausmaßes des Gesamtexportes des Staates;
- Zeilenvektor, in dem alle Elemente gleich Eins sind;
- Koeffizientenmatrix der direkten Nutzung von Importgütern und –dienst- leistungen;
- Koeffizientenmatrix der Gesamtausgaben für inländische Waren und Dienstleistungen in Form  $n \times n$ ;
- Spaltenvektor Export.

Um den betreffenden Indikatoren für eine bestimmte Branche zu errechnen, muss im Spaltenvektor EX bei der Berechnung nach Formel (1.7) Wert für eine bestimmte Branche stehen, die anderen Elemente sind gleich Null.

Der folgende Indikator bestimmt den Anteil der Waren am Bruttowarenexport eines Staates, die durch importierende Staaten für die Produktion eigener Exportwaren verwendet werden. Dieser kann mit Hilfe von Formel (1.8) ermittelt werden:

$$VS1 = \frac{\sum_{s \neq r}^k uA_s^M[I-A_s^D]^{-1}EX_s}{uEX}, \quad (1.8)$$

es gilt:

- Anteil von Zuliefererzeugnissen im Bruttowarenexport eines Staates, die in importierenden Staaten für ihre Produktion von Exporterzeugnissen verwendet werden;
- s - Partnerstaaten des betrachteten Staates r;

- Koeffizientenmatrix für die Verwendung von Importwaren und -dienstleistungen aus Staat  $r$  in Staat  $s$  in Form  $n \times n$ ;
- Koeffizientenmatrix der Gesamtausgaben für inländische Waren und Dienstleistungen in Form  $n \times n$ ;
- Spaltenvektor des Gesamtexportes von Staat  $s$ ;
- Spaltenvektor des Gesamtexportes von Staat  $r$ .

Wie bereits im Falle bei Indikator  $VS$ , variiert der Wert von  $VS$  zwischen 0 und 1. Je größer dieser Indikator ist, desto mehr exportiert das betrachtete Land Zwischenprodukte, die von importierenden Staaten für die Erzeugung ihrer Exportwaren verwendet werden.

Zur Charakterisierung der Teilnahme und des Grades der Einbindung eines Staates in globale Wertschöpfungsketten dienen Indikatoren, die im Jahre 2010 von den Forschern Koopman, Powers, Wang und Wei definiert wurden. Zu ihnen zählen Koeffizienten der Teilnahme und Position in globalen Wertschöpfungsketten. Der Indikator der Teilnahme eines Landes in globalen Wertschöpfungsketten (Formel (1.9)) bestimmt den Gesamtanteil der importierten Zwischenproduktion im Bereich Export und den Anteil inländischer Zwischenproduktion, die von Drittstaaten für die Produktion ihrer Exportgüter verwendet werden.

$$GVC\_Participation_r = \frac{IV_r}{E_r} + \frac{FV_r}{E_r}, \quad (1.9)$$

Der Wert dieses Indikatoren kann von 0 bis 1 variieren. Auf diese Art und Weise wird das Ausmaß der Einbindung eines Staates in globale Wertschöpfungsketten wiedergegeben. Für die Berechnung des Indikatoren für die Teilnahme an globalen Wertschöpfungsketten bestimmter Branchen als Variablen müssen unbedingt diese Indikatoren herangezogen werden.

Der Indikator für die Position eines Staates in globalen Wertschöpfungsketten vergleicht den Export von Zwischenproduktion aus einem Land, die wiederum in anderen Staaten für ihren Export genutzt werden, mit dem Import von Zuliefererzeugnissen für den Export des betreffenden Staates (Formel (1.10)):

$$GVC\_Position_r = \ln \left( 1 + \frac{IV_r}{E_r} \right) - \ln \left( 1 + \frac{FV_r}{E_r} \right), \quad (1.10)$$

Der Wert des Indikatoren  $GVC\_Position_r$  kann von (-1) bis (+1) variieren. Ein positiver Wert bezeugt eine erhebliche Beteiligung eines Staates in "aufsteigende" Prozesse hin, was wiederum auf die Produktion von Zuliefererzeugnissen hindeutet, die in andere Staaten exportiert wird. Hierbei wird der Wert  $IV_r$  im Bruttoexport den Wert  $FV_r$  übersteigen. Dagegen bezeugt ein negativer Wert eine stark ausgeprägte Beteiligung eines Staates in "absteigende" Prozesse hin. Dies bedeutet, dass in der Produktion von Exportgütern eine erhebliche Menge an importierten Zuliefererzeugnissen verwendet wird. In diesem Fall übersteigt  $FV_r$  den Indikatoren  $IV_r$ .

### **1.3 Die Konzeption „Industrie 4.0“ als eine Grundlage der Einbindung von Unternehmen in globale Wertschöpfungsketten**

Das Konzept Industrie 4.0 wurde erstmals 2011 zur Hannovermesse in die Öffentlichkeit getragen. Dieser Begriff beinhaltet die Einleitung eines neuen industriellen Paradigmas, dass alle Produktionsstrukturen einschließt – von der Planung bis hin zum Warenabsatz.

Oft wird Industrie 4.0 als die vierte industrielle Revolution bezeichnet. Die erste industrielle Revolution fand im 17. Jahrhundert statt und bestand in der Entwicklung der Dampfkraftmaschine sowie zusammenhängender Produktionsmechanismen. Sie ermöglichten eine Industrialisierung der Handarbeit und erhöhten somit die Produktionseffizienz sowie das Wohlstandsniveau der Bevölkerung. In jener Zeit hatte es Änderungen in der Lebensmittel-, Textil- und Stahlindustrie gegeben, darüber hinaus entstanden Dampfschiffahrt und Eisenbahnwesen. Die zweite industrielle Revolution erfolgte im 20. Jahrhundert, bedingt durch die Idee der Massenfertigung mit Hilfe von elektrischer Energie. Dies wurde in solchen Bereichen wie Elektro-, Chemie- und Automobilindustrie sowie Maschinenbau möglich. Die dritte industrielle Revolution zeichnete sich durch eine fortschreitende Automatisierung der Produktion aus. Sie war mit dem Einsatz von Elektronik sowie IT- und Kommunikationstechnologien in den Produktionsprozessen verbunden. Diese Technologien bestimmten deren Effizienz und ermöglichten die multivariante Serienfertigung. Heutzutage steht die Welt an der Schwelle zur vierten industriellen Revolution, deren Idee im breiten Einsatz von Internet-Technologien und Produktionsvernetzung besteht.

Laut Informationen der Plattform Industrie 4.0 wird darunter eine neue Organisations- und Verwaltungsstufe der gesamten Wertschöpfungskette binnen des ganzen Produktlebenszyklus gemeint, die im wesentlichen Maße von steigenden Kundenanforderun-

gen und –wünschen sowie Marktbedingungen bestimmt werden, die immer komplexer werden.

Als Grundlage für diesen neuen Verwaltungsmechanismus dienen zugängliche aktuelle Online-Informationen über die Vernetzung aller beteiligten Einheiten der Wertschöpfungskette, die Möglichkeit, den aktuellen Zustand der Prozesse aufgrund dieser Informationen zu bestimmen sowie die Wertschöpfungskette auf der Basis der verfügbaren Daten zu optimieren. Wir können sagen, dass diese Definition gleichermaßen Technologien, Systeme und Prozesse sowie deren integratives Zusammenwirken umfasst. Die neue industrielle Revolution bringt nicht nur im Produktionsbereich Veränderungen. Das neue Paradigma betrifft den Aspekt der Schaffung neuer Betriebsmodelle sowie die steigende Relevanz der Dienste und Software.

Das Konzept setzt eine dichte Verflechtung unterschiedlicher Branchen voraus. Die Hauptidee besteht in der Ausnutzung der Vorteile von Untersuchungen und Erfindungen aus der IT-Welt im Bereich der klassischen Automatisierungstechnik. Die Anforderungen des Einsatzbereichs können ihrerseits die Schaffung neuer Kommunikationslösungen fördern.

Im Großen und Ganzen beinhaltet das Konzept Industrie 4.0 Bestandteile wie Herstellung, Produkte, Sicherheit, Dezentralisierung, Autonomie und Flexibilität sowie Informations- und Kommunikationstechnologien.

Im Mittelpunkt der Produktionskategorie steht eine intelligente Fabrik, die eine Vielzahl aktiver Produktionsmechanismen und der darin verbauten Sensoren in sich vereinigt. Eine große Rolle spielen dabei Datenströme, die der Betriebsoptimierung in der Fabrik dienen. Die Besonderheit dieser Fabriken besteht darin, dass ihr Betrieb vollständig planbar und visualisierbar ist. Alle Prozesse, angefangen von Planung über Wartung bis hin zur Außerbetriebsetzung können miteinander verkettet und veranschaulicht werden. Dies führt zur Erhöhung der Produktionsflexibilität, die es ermöglicht, schneller auf Betriebsstörungen und andere Probleme zu reagieren.

Im Rahmen dieses Konzepts wird die Möglichkeit einer höheren Anpassung der Produkte an Kundenwünsche vorgesehen. Dank dem Einsatz cyber-physischer Systeme verfügen sie über ein bestimmtes Maß an Autonomie. Das Produkt besitzt eigenen Speicher und Logik. Das bedeutet, es kann seinen Weg im Rahmen der Fabrik selber identifizieren sowie seinen Lebenszyklus, angefangen von der Entwicklung über Verkauf an Kunden bis hin zur Entsorgung, nachvollziehen.

Eine wichtige Voraussetzung für die Verwirklichung dieses Konzepts ist die Einhaltung der Sicherheitsaspekte, die von unterschiedlichen Standpunkten aus betrachtet werden können:

Funktionssicherheit: neue Anlagen und Produkte mit immer mehr Autonomie müssen sowohl für Benutzer und Bediener, als auch für Anlagen und Produkte selbst betriebs-sicher sein;

IT-Sicherheit: ihre Bedeutung wird im Zuge der Entwicklung enger Beziehungen zwischen den Prozessen und Beteiligten der Wertschöpfungskette sowie der steigenden Bedeutung von IT- und Kommunikationstechnologien und den dadurch entstehenden Gefahren erhöht.

Die Grundlage der neuen Prozesse bilden die steigende Autonomie lernender Systeme sowie die Fähigkeit der Prozesse zur Selbstoptimierung, da der Hauptzweck des Konzepts in der Flexibilitätserhöhung von Arbeitsschritten besteht.

IT- und Kommunikationstechnologien spielen eine entscheidende Rolle unter den Bedingungen der Industrie 4.0. Im Rahmen dieses Ansatzes steigt die Bedeutung solcher Konzepte wie Internet der Dinge, Clouds sowie Radiotechnologien, die in Produktionsprozesse aktiv integriert und mit bestehenden Informations- und Automatisierungslösungen verschmolzen werden.

Die Befürworter dieses Konzepts nennen folgende Vorteile, die durch den Einsatz der Kernprinzipien von Industrie 4.0 entstehen können:

- Produktions- und Lieferzeitverkürzung;
- optimierter Ressourceneinsatz;
- Verbesserung der Produktqualität;
- Kostensenkung für Produktentwicklung;
- Erhöhung des Sicherheitsgrades der Produktion und Logistik;
- Steigerung der Transparenz für Kunden;
- erhöhte Produktionseffizienz und –flexibilität;
- kundenindividuelle Produktion.

Die wichtigsten technischen Elemente der Industrie 4.0 sind das Internet der Dinge und cyber-physische Systeme.

Das Internet der Dinge bezeichnet die Verknüpfung eindeutig identifizierbarer physischer Objekte mit einer virtuellen Repräsentation in einer Internet-Struktur. Es besteht nicht nur aus menschlichen Teilnehmern, sondern auch aus Dingen (things). Das Internet der Dinge stellt eine Vernetzung der Netzwerke dar, in der kleinere gering verbundene Netzwerke größere Netze bilden. Dieser Idee wurde die Miterfassung üblicher

Dinge im Leben eines Menschen nicht als statischer Gegenstände, sondern als Dinge, die ihre Umgebung analysieren können, zugrunde gelegt. Bereits heute gibt es „intelligente Gegenstände“ (z.B. Kaffeemaschinen, Kühlschränke und sogar Häuser). Das Internet der Dinge soll diese Gegenstände in ein einheitliches Netz verbinden. Nach der Meinung von Rob van Kranenburg, Gründer des Europäischen Rates für das Internet der Dinge, ermögliche das Internet der Dinge die Kommunikation der Gegenstände miteinander über die Vergabe einer getrennten IP-Adresse für jeden davon. Er sondert 4 Entwicklungsstufen des Internets der Dinge aus. Die erste Stufe ist mit der Identifizierung eines jeden Objekts und Schaffung „intelligenter Gegenstände“ verbunden. Die zweite Stufe beinhaltet Service der Verbraucherbedürfnisse. Auf dieser Stufe werden Gegenstände vernetzt. Ein Sonderbeispiel stelle das „intelligente Haus“ dar. Alle Gegenstände in diesem Haus sind in ein Netzwerk eingebunden, und das Haus selbst ist mit diversen Temperatur-, Druck-, Beleuchtungssensoren ausgerüstet, dabei hat jedes der Geräte Zugang zu jedem der Sensoren. Diese Idee hat ein großes Potential. Zum heutigen Zeitpunkt befindet sie sich im Entwicklungsstadium, jedoch wird ihre niedrige Verbreitung durch derzeit hohen Anschaffungspreis der Technologien erklärt. Die dritte Stufe ist mit der Urbanisierung des städtischen Lebens verbunden. Sie wird durch die Vereinigung der Geräte und Häuser zu „intelligenten“ Häuserblöcken umgesetzt. Im Großen und Ganzen sieht diese Idee folgend aus: die Ampeln überwachen die Aktivität der Nummern und regeln den Verkehr gemäß seines Aufkommens, die Navigationsgeräte der Autos verfolgen die Straßensituation und berechnen die schnellste Route. Die Straßenbeleuchtung funktioniert nur in der dunklen Tageszeit und erst sobald Leute auf der Straße sind, wodurch Strom gespart wird. Die Stadt selbst ist mit einem Sensoren- und Aufnehmernetz ausgerüstet, deren Daten dem städtischen Beleuchtungsunternehmen, der Stadtverwaltung und Behörden der Wohnungs- und Kommunalwirtschaft übermittelt werden. Die vierte Stufe heißt „Sensoren-Planet“. In dieser Etappe befinden sich Sensoren dort, wo sie am wenigsten zu erwarten sind: im Boden, Wasser, in der Luft. Menschen bekommen die Möglichkeit, Erdbeben nach Bodenschwankungen zu prognostizieren, schreckliche Tragödien zu verhindern lange bevor sie sich ereignen, sowie das Wetter mit mathematischer Genauigkeit vorherzusagen. Somit werden im Endeffekt sämtliche Prozesse auf der Erde werden unter der Aufsicht des Menschen stehen.

Eine weitere Komponente des Konzepts bilden cyber-physische Systeme. Sie stellen die Verbindung zwischen realen und virtuellen Objekten und Prozessen über offene globale und Informationsnetzverbunde her. Eine aktuelle Ausdruckform cyber-physischer Systeme sind „intelligente Produkte“ (Smart Products). Sie entstehen als Ergebnis digitaler Signatur physischer Produkte und Erhaltung deren spezifischer Informationen. Dies ermöglicht ihre Identifizierung sowohl als physische, als auch als digitale Objekte, wodurch sie lokalisiert werden können. Wir können sagen, dass diese Produkte dank ihren Bestandteilen und Herstellungsverfahren, die ihnen zugrunde lie-

gen, ein „Gedächtnis“ und „Kenntnisse“ besitzen. Viele davon können eigenständig die Produktion leiten sowie Kunden über ihrem Betriebszustand informieren.

Das Prinzip der Objektvernetzung besteht im Folgenden: alle Maschinen existieren nicht nur in der physischen Produktionswelt, die mit unseren Sinnen wahrgenommen werden kann. In der Industrie 4.0 bestehen sie auch als ein virtuelles Modell, das die reale Welt widerspiegelt und diese durch Informationen ergänzt. Das Modell bietet den einzelnen dezentralen Produktionsteilnehmern die Möglichkeit, unabhängige Entscheidungen zu treffen und diese an andere Teilnehmer weiterzuleiten. Dadurch, dass Geräte und Systeme über eine dezentrale Intelligenz verfügen, können sie eigenständig Situationen bewerten, Entscheidungen treffen und gegebenenfalls Anordnungen an andere Systeme erteilen. Zum Beispiel bemerken Arbeitswerkzeuge selber die ersten Verschleißzeichen und senden ein Signal an äußere Lieferanten, dass das Teil ersetzt werden soll. Eine solche Vorgehensweise ist programmierbar und bietet manchmal sogar die Eigenschaft, sich zu verändern und anzupassen.

Früher sah das Funktionsprinzip solcher Modelle wie folgt aus: Bestandteile (d. h. Sensoren) bestimmten den Ist-Zustand eines Prozesses und sendeten ihre Daten ins zentrale Steuersystem. Auf den übergeordneten Ebenen erfolgte die Analyse des Ist-Zustandes, darüber hinaus wurden Entscheidungen getroffen und manuell bzw. über Betätiger ausgeführt. Neue cyber-physische Systeme zeichnen sich durch einen höheren Stand der Technik aus. Ihre erfolgreiche Funktion ist auf drei Komponenten angewiesen: Sensortechnik, Betätiger sowie eingebettete Systeme bzw. dezentrale Intelligenz. Mit den Sensoren kann das System die momentane Umgebungssituation überwachen. So liefern optische Sensoren einer Maschine Informationen über die Art und den Zustand der Werkstücke. Betätiger dienen der unmittelbaren Ausführung von Handlungen. Dezentrale Intelligenz beurteilt Sensorinformationen. Aufgrund dieser Daten trifft sie eine Entscheidung und erteilt einen Befehl an das ausführende System. Parallel kontaktiert sie andere cyber-physischen Systeme und fordert sie auf zu handeln.

Das Konzept Industrie 4.0 beinhaltet folgende Prozesse:

- horizontale Integration innerhalb des Wertschöpfungsnetzes;
- vertikale Integration innerhalb einer automatisierten Hierarchie;
- durchgängiges Engineering innerhalb des Wertschöpfungsnetzes.

Unter horizontaler Integration versteht man die Vereinigung mehrerer Teilnehmer und Systeme zu einer Wertschöpfungskette sowohl im Rahmen, als auch außerhalb eines Unternehmens. Das bedeutet zukünftige Schaffung engerer Netzverbindungen zwischen den Unternehmen, die an der Produktentwicklung und -herstellung unabhängig



von deren geographischer Lage zusammenarbeiten. Im Rahmen der horizontal integrierten Kette wird ein regelmäßiger Austausch von aktuellen Informationen zwischen Lieferanten, Entwicklungs- sowie Logistikunternehmen vorgesehen. Dieser Informationsaustausch bildet die Grundlage für ein optimales Zusammenspiel von Handlungen, Management und Kooperation zwischen den Firmen. So werden z. B. individuelle Kundenanforderungen an das Produkt in allen Stadien seiner Entstehung (Entwicklung, Herstellung, Lieferung, Einsatz) gleichmäßig berücksichtigt. Das erhöht die Transparenz der Prozesse sowie Flexibilität der Handlungen von Partnerunternehmen. Falls z.B. einer der Lieferanten nicht über ein gewisses Produkt verfügt, so erfolgt eine entsprechende Leistungs- bzw. Ablaufanpassung an anderen Stellen, wodurch das Defizit ausgeglichen wird.

Im Mittelpunkt der vertikalen Integration steht die Vernetzung unterschiedlicher Hierarchieebenen innerhalb automatisierter Managementsysteme wie Betätigter und Sensorentechnik, Management- und Planungsebenen. Die vertikale Vernetzung setzt eine Selbstoptimierung wesentlicher Produktionsressourcen voraus. Das sichert eine erhöhte Flexibilität und Kontrolle von Produktionsprozessen, die immer komplexer werden.

Durchgängiges Engineering innerhalb einer Wertschöpfungskette beruht vor allem auf der Optimierung der Produktentstehungsprozesse auf der Basis von durchgängigen Informationsmodellen. Dies setzt die Möglichkeit für alle Netzteilnehmer voraus, den Zugang zu durchgängigen, kompatiblen und gesicherten Informationen zu bekommen.

Industrie 4.0 bringt eine Mehrzahl potentieller Vorteile mit sich. Jedoch hängt ihre Integration mit einigen Schwierigkeiten zusammen. Eine der Herausforderungen für eine erfolgreiche Umsetzung des Konzepts durch Firmen ist ein großer Investitionsumfang, während es noch an Informationen über Effizienzaspekte mangelt. Da das Konzept ziemlich neu ist bestehen momentan keine konkreten Daten bezüglich des Umsetzungspotentials der Industrie 4.0 für ein konkretes Unternehmen. Ein weiteres Problem könnte die Sicherheit der intelligenten Systeme werden. Industrie 4.0 basiert auf der Auswertung und Ausnutzung bisher unerreichbaren Daten, der Zugang zu denen das Risiko der Absenkung von Sicherheitsniveau im Unternehmen erhöht. Weitere Schwierigkeiten könnte auch die Mitarbeiterqualifikation bereiten. Im Rahmen des Konzepts wird die Veränderung des Unternehmensmodells auf allen Wertschöpfungsstufen vorgesehen. In diesem Zusammenhang müssen die Mitarbeiter neue Fertigkeiten erwerben, wodurch Schulungskosten für das Unternehmen entstehen. Eine weitere Gruppe der Risiken bildet die erhöhte Systemkomplexität. Sie macht es notwendig, dass neue Planungs- und Auswertungsmodelle erarbeitet werden, die der erhöhten Prozesskomplexität gewachsen sind.

Was die Maschinenlieferanten angeht, so muss der Tatsache Rechnung getragen werden, dass Industrie 4.0 auf dem System intelligenter Komponenten, der Informationsinfrastruktur und der darauf beruhenden Analytik und Software basiert. Nur noch wenige größere Maschinenlieferanten vereinigen diese genannten Bereiche. Aus diesem Grund wird den kleineren und mittleren Unternehmen unter den Bedingungen der Industrie 4.0 eine große Chance geboten, ihren Platz in dieser Nische zu besetzen. Außerdem bildet die Anpassung der bestehenden IT-Technologien des Unternehmens an industrielle Anforderungen eine unbedingte Voraussetzung des Prozesses.

Herausforderungen im Bereich der Politik bestehen in der Notwendigkeit, günstige Bedingungen für die Entstehung von Innovationen, u. zw. Errichtung der „Kultur der Experimente“ zu schaffen, ohne die es unmöglich ist, das Konzept Industrie 4.0 in die reale Produktion zu integrieren.

Die «Kultur der Experimente» bildet eine Grundlage für Entdeckungen. Falls Innovationen scheitern, kommt es zu finanziellen Einbußen sowie Beeinträchtigung des Images. Genau aus diesem Grunde muss die Schaffung einer Atmosphäre der Angstfreiheit für den Fall, dass Innovationen scheitern, zu den Aufgaben des Landes gehören.

Die Regierungen sollten Plattformen für Fachaustausch und Zusammenarbeit von Unternehmen, Universitäten und diversen Gesellschaften in diesem Bereich schaffen, den Know-How-Schutz auf nationaler und internationaler Ebene gewähren, Förderprogramme gründen und entbürokratisieren. Außerdem gehört zu den Kompetenzen der Regierung die Betreuung der Neuentwicklungen mittels Standardisierung, Berücksichtigung neuer Anforderungen im Bereich Personalqualifikation sowie Festlegung allgemeingültiger gesetzlicher Rahmenbedingungen, die Aspekte wie Datenschutz, Umgang mit geheimen Daten sowie Haftungsfragen betreffen. Standards müssen auf lange Sicht ausgerichtet sein, um einen entsprechenden Investitionsschutz zu gewährleisten. Sie bilden die Grundlage für den Einsatz neuer Technologien. Die Grundvoraussetzung für den Datenaustausch im Rahmen der Industrie 4.0 bildet die Schaffung einer flächendeckenden und sicheren Infrastruktur. Es geht um die Entwicklung der Datenmodelle und –architektur, die zusammengefasste Anforderungen vertikaler, horizontaler und globaler Datenintegrität erfüllen. Als Hauptkriterien gelten dabei Verfügbarkeit, Sicherheit, Investitionsschutz, Zugänglichkeit von Technologien und Komponenten über eine lange Zeit hinweg sowie Benutzerorientierung.

Es ist zu betonen, dass die Digitalisierung die gesamte Arbeitswelt grundsätzlich verändern kann. So wird nach Meinung der Wirtschaftswissenschaftler Carl Frey and Michael Osborne künftig jeder zweite Mitarbeiter durch einen intelligenten Roboter ersetzt. In ihrer Studie analysierten die Forscher den Einfluss der Digitalisierungsprozesse auf 700 unterschiedliche Berufe in den USA. Die am meisten betroffene Gruppe

bildeten Rechtsanwälte, Büro- und Verwaltungsangestellte sowie Köche. Der kleinste Einfluss der Digitalisierung wird auf Audiologen, Ergotherapeuten und Sozialarbeiter im Gesundheitswesen ausgeübt.

Ungeachtet dessen behaupten viele Experten, dass Maschinen die Menschen sogar im Zeitalter der Digitalisierung nicht vollständig ersetzen werden. Maschinen können Standardaufgaben beherrschen. Geht es jedoch um kreative Lösungen, bilden der menschliche Geist und seine Erfahrungen unersetzbare Faktoren. Der Schlüssel zum Erfolg ist die Kooperation zwischen Mensch und Maschine.

Ein effizienter Betrieb der Unternehmen im Rahmen des Konzepts Industrie 4.0 ist nur möglich, wenn die Aufmerksamkeit nicht lediglich auf Produkte gerichtet, sondern auf die Gesamtprozesse konzentriert wird. Hilfreich sind dabei virtuelle Simulationen, die in Ereignissen wie digitale und intelligente Fabrik zum Ausdruck gebracht wurde.

Die Digitale Fabrik ist ein Begriff aus der letzten Stufe der Industrie 3.0. Digitale Fabriken entstanden parallel zum Übergang von Industrie 3.0 zur Industrie 4.0. Sie stellt ein System von Methoden und Modellen der Simulation und 3D-Visualisierung von Produktionsprozessen dar. Ihr Zweck ist die ganzheitliche Planung, Realisierung, Steuerung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Produktionsprozesse. Dabei besteht die digitale Fabrik nicht nur aus Software. Sie muss im Gesamtkontext des Unternehmens betrachtet werden.

Im Unterschied zu digitalen, verfügen intelligente Fabriken (Smart Factories) über eine umfangreiche Sensortechnik: sowohl Teile, als auch Fertigungsstationen können die umgebende Wirklichkeit erfassen. Dabei sind diese Objekte miteinander über das Internet verbunden. Die Teile zeichnen sich durch ihre Anpassungsfähigkeit aus: so suchen sie zum Beispiel selber freie Produktionsflächen für den nächsten Fertigungsschritt. Smart Factories kommunizieren mit Menschen, die die Möglichkeit haben, das System zum Anfang der Arbeitsschritte zu bewegen bzw. die Produktion zu überwachen. Man könnte die intelligente Fabrik das System der Systeme nennen: sie besteht aus einzelnen Teilen und Fertigungsstationen, die selbständig fungieren können. Jedoch können sie nur als Gesamtheit im System Mehrwert schöpfen.

Smart Factories ergänzen digitale Fabriken durch autonome Entscheidungen und künstliche Intelligenz. Diese Fabriken bestimmen selbst ihre Konfiguration und passen Fertigungsprozesse entsprechend an. Produktionssysteme der intelligenten Fabrik müssen den Produktionsplan kennen und die Auslastung und Rüstzeiten automatisch verteilen sowie Normenabweichungen selbständig bestimmen. Fertigungsanlagen müssen Verarbeitungsprodukte mit Sensor-, akustischen und optischen Überwa-

chungssystemen in Bezug auf ihre Richtigkeit und Qualität selbständig auswerten und im Idealfall aus eigenen Fehlern lernen.

Wesentliche Fragen im Zusammenhang mit Industrie 4.0 sind mit erwarteten Vorteilen sowie Umsetzungskosten verbunden. Gemäß den Ergebnissen der Studie „Industrie 4.0 - volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland“ aus dem Jahr 2014, die vom Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in Kooperation mit dem Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. erstellt wurde, ist der praktische Einsatz der Grundsätze und Technologien des Konzepts Industrie 4.0 mit einer Reihe positiver Effekte verbunden. Die Studienergebnisse zeigen, dass durch die Umsetzung von Industrie 4.0 ein zusätzliches Wertschöpfungspotenzial in diversen Industriebranchen erwartet wird. Wie aus Abb. 1.4. ersichtlich wird, entstehen größte Profite in Branchen wie chemische Industrie (+30%), Maschinenbau (+30%) und Elektronikherstellung (+30%).

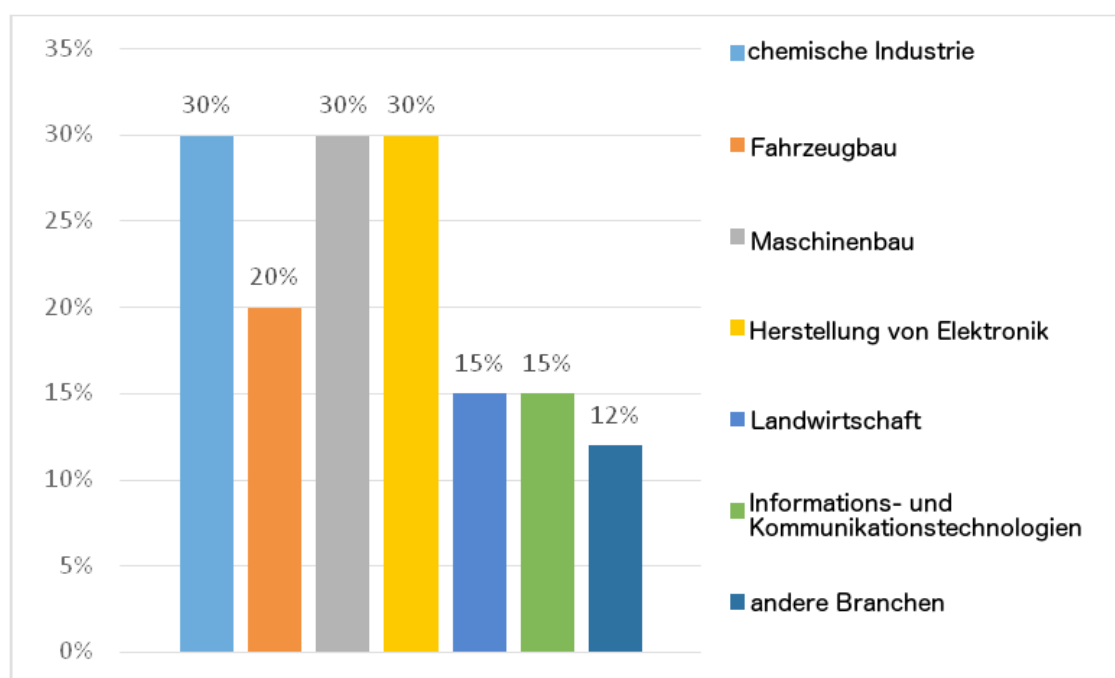


Abbildung 1.4: Zusätzliche Wertschöpfung, die in unterschiedlichen Branchen durch Umsetzung von „Industrie 4.0“ entsteht.

Gesamtwirtschaftliche Faktoren der Umsetzung von Industrie 4.0 werden in der Studie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) aus dem Jahr 2015 „Industrie 4.0 – Volks- und –betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland“ behandelt. Die Forscher verbinden den praktischen Nutzen des Konzepts mit Netzwerkeffekten. Gemäß der Studie entsteht der Nutzen durch die Vernetzung kleiner und mittelständischer Zulieferer um die sog. „Erstausrüster“ herum unabhängig von deren geographischer Lage, dabei wachsen mit der Zahl solcher Netzteilnehmer auch

die entstehenden Profite, die die Kosten für die Umsetzung des Konzepts ausgleichen (Tabelle 1.1.). So sind im Rahmen der Industrie 4.0 einige Entwicklungsszenarien von Netzstrukturen möglich: Status quo, Ex-ante-Szenario, Ex-post-Szenario und Koordinationsszenario.

Das Status-quo-Szenario stellt das einfachste Modell dar. Es skizziert den Zustand, in dem die Umsetzung von Industrie 4.0 noch nicht stattgefunden hat. In diesem Szenario findet die Interaktion allein zwischen dem Auftraggeber und Auftragnehmer statt, so dass sich der Informationsfluss auf diese Akteure beschränkt. Großunternehmen sind mit kleinen und mittelständischen Unternehmen verbunden, allerdings sind die Produktionsanlagen nicht vernetzt.

Szenario	Kosten			Kosten		
	Große Unternehmen	Mittlere Unternehmen	Kleine Unternehmen	Große Unternehmen	Mittlere Unternehmen	Kleine Unternehmen
Ex-ante	2	1	1	1,5	2,4	1,2
Ex-post	2	3	1,5	1,5	2,4	1,2
Koordination	3	3	2,5	1,5	1,2	1,2

*Tabelle 1.1: Koeffizienten für Kosten und Nutzen, die in Verbindung der Einführung der Konzeption „Industrie 4.0“ entstehen, in Abhängigkeit von Unternehmensgröße und Szenario*

Das Ex-ante-Szenario zeichnet sich durch einen wesentlichen Umsetzungsgrad von Industrie 4.0 unter den Großunternehmen aus. In dieser Stufe fangen kleine und mittelständische Unternehmen an, ihre einzelnen Elemente einzusetzen. Großunternehmen investieren mit allen ihren Zulieferern aktiv in Kommunikationsmittel, während die Zulieferer (KMU) in diesem Szenario erst einmal nur von der einseitigen Kommunikation profitieren. Aus diesem Grund fällt der erwartete Nutzen bei den KMU geringer aus als die Kosten, während bei den Großunternehmen der Nutzen bereits die Kosten übersteigt. Dieses Szenario stellt den aktuellen Stand der Industrie 4.0 in Deutschland dar.

Im Ex-post-Szenario findet die teilweise Vernetzung der Zulieferer statt, wodurch sie ihre Profite durch einheitliche Kommunikationsstandards erhalten. In dieser Stufe übersteigt der Umsetzungsnutzen von Industrie 4.0 die Kosten aller Unternehmen, unabhängig von deren Größe. In diesem Prozess ist die Rolle der Großunternehmen bei der Setzung der Standards besonders zu betonen. Ihr Interesse an der Umsetzung der Technologien von Industrie 4.0 unter ihren Zulieferern ist dermaßen groß, dass sie bereit sind, bestimmte Entwicklungskosten zu tragen und den KMUs bestimmte „Arbeitswerkzeuge“ zu liefern.

Das Koordinationsszenario bedeutet maximale Vernetzung der Unternehmen, die die größten Potentiale schafft, die durch maximale Funktionskompatibilität entstehen. Bei diesem Szenario wird der größte positive Gesamteffekt bei minimalen Investitionskosten beobachtet. Im Vergleich zur vorherigen Variante wächst hier der Nutzen für Groß- und Kleinunternehmen, darüber hinaus werden die Ausgaben der mittelständischen Unternehmen reduziert.

## **1.4 Zusammenfassung des ersten Kapitels**

Der Mehrwert ist eine Wirtschaftskategorie, die mit den Prozessen, der Entstehung, Ausbesserung, Überarbeitung und Einführung der Ware in den Markt eng verbunden ist. Die Wertschöpfung entsteht durch jeden Teilnehmer der Produktionskette der einzelnen Branche, dabei erhöht sich der Mehrwert mit der Erhöhung der Arbeitsstufenzahl in dieser Kette. Eine große Bedeutung bekommt die Beteiligung der Unternehmen an globalen Wertschöpfungsketten, die Profite durch Kostenreduzierung und Effizienzsteigerung ihrer Aktivitäten mit sich bringt. Die Beteiligung an globalen Wertschöpfungsketten kann für jedes Land von Vorteil sein, jedoch hängt der Umfang dieser Vorteile vom Beteiligungsgrad an der Wertschöpfungskette sowie von der Position des Landes in dieser Kette ab. Für die Bewertung der Beteiligung des Landes und ihrer Branchen an einer globalen Wertschöpfungskette wird ein Kennziffersystem eingesetzt, die aufgrund der Tabellendaten „Aufendungen-Ausstoß“ berechnet werden.

Die Beteiligung des Landes an einer globalen Wertschöpfungskette sowie die Verbesserung ihrer Positionen kann über den Einsatz der technischen Neuentwicklungen erreicht werden, die die Konkurrenzfähigkeit der Firmen durch Digitalisierung erhöhen. Zum heutigen Zeitpunkt befindet sich die Welt am Übergang zur vierten industriellen Revolution, die unter dem Namen Industrie 4.0 bekannt ist. Das Konzept Industrie 4.0 stellt eine neue Organisations- und Managementstufe für die gesamte Wertschöpfungskette dar. Sie wird durch den maximalen Digitalisierungsgrad der Produktionsprozesse gekennzeichnet, bei dem Fertigungssysteme über maximale Autonomie unter zentraler Überwachung verfügen. Technische Bestandteile dieses Konzepts sind das Internet der Dinge und cyber-physische Systeme. Der Einsatz der Technologien von Industrie 4.0 hängt mit der Entstehung des zusätzlichen Mehrwerts für die Unternehmen aller Branchen zusammen. Bei der Vernetzung kleiner und mittelständischer Zuliefererunternehmen um Großunternehmen herum entstehen Netzwerkeffekte. Der Ausmaß der Profite für alle Netzwerkteilnehmer variiert in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße sowie von deren Beteiligungsgrad an der Wertschöpfungskette auf der Basis der Industrie 4.0. Mit der Erhöhung der Anzahl von Netzwerkteilnehmern steigt der Nutzen, der die Umsetzungskosten des Konzepts abdeckt.

## 2 Umsetzung der Konzeption „Industrie 4.0“ in Deutschland: Erfahrungen und Perspektiven

Gleich am Anfang dieses Kapitels muss betont werden, dass die Auswertung auf OECF-Daten aus dem Jahr 2011 basiert. Die Quellenauswahl wird durch den Wunsch erklärt, die Homogenität der Studie einzuhalten, die bei Daten aus unterschiedlichen Zeitabschnitten verloren ginge.

Die Wirtschaft Deutschlands wird durch einen hohen Industrialisierungsgrad gekennzeichnet. Im Vergleich zu vielen Ländern der Welt ist der Anteil der Industrie am BIP ziemlich groß und betrug 2014 30,69%.

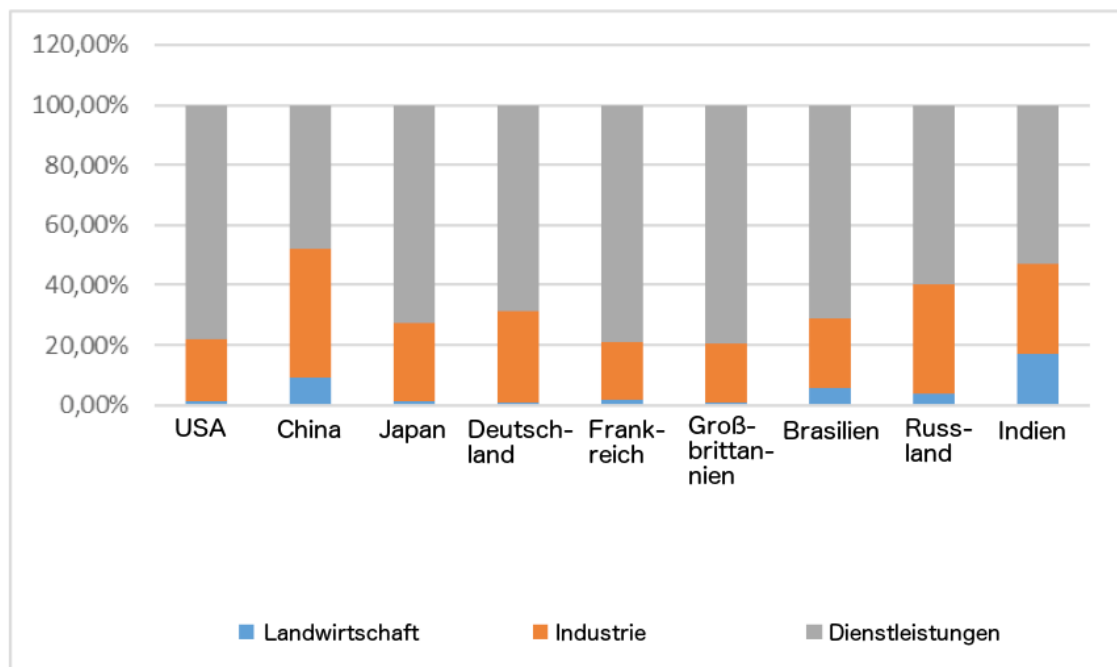


Abbildung 2.1: Struktur des BIP in Deutschland sowie anderen Staaten

Die Struktur der Industrieproduktion Deutschlands beinhaltet die 5 wichtigsten Branchen, die eine besondere Rolle in der Wirtschaft des Landes spielen sowie ihre Spezialisierungsrichtungen in der Weltwirtschaft bestimmen. Diese Branchen decken über 85% des gesamten Umfangs der Industrieproduktion. Der größte Umfang entfällt auf den Fahrzeugbau (22,57%), gefolgt von chemischer Industrie (21,99%), Maschinenbau (14,2%), Eisen- und Stahlindustrie (14,4%) sowie Herstellung elektrischer Geräte und Optikindustrie (12,33%) (Abbildung 2.2).

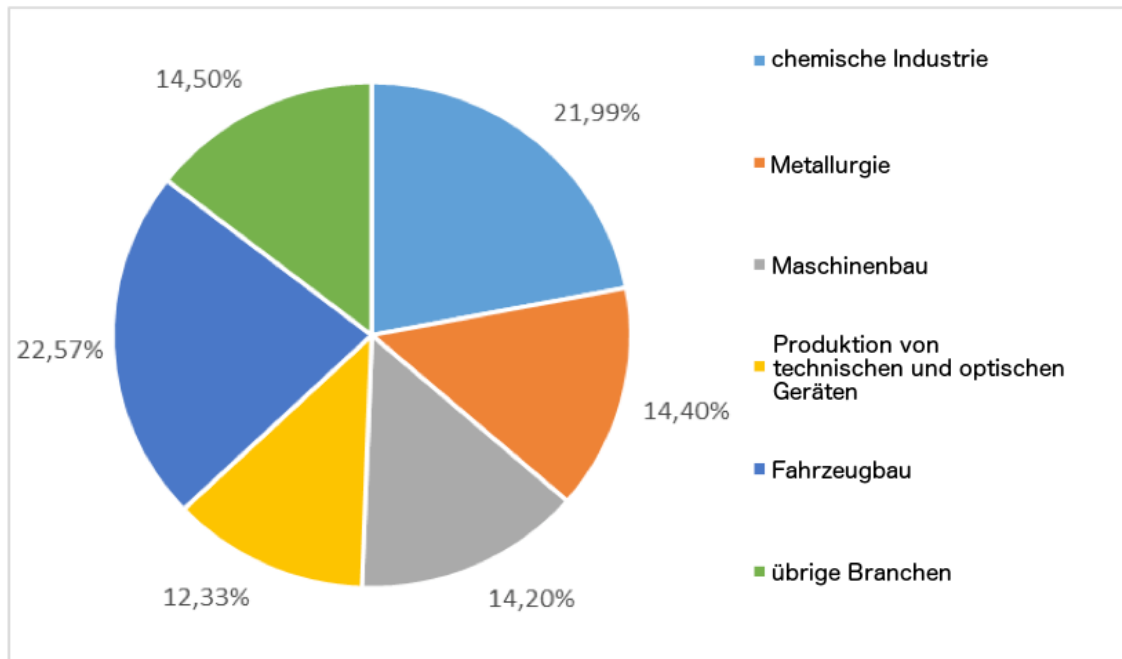


Abbildung 2.2: Struktur der Industrieproduktion Deutschlands im Jahre 2011

Diese Branchen sind führend in der Wertschöpfung innerhalb des Landes. Außerdem ist die Rolle der erwähnten Branchen im Export zu betonen: sie machen über 85% des Industrieexports Deutschlands aus (Abbildung 2.3).

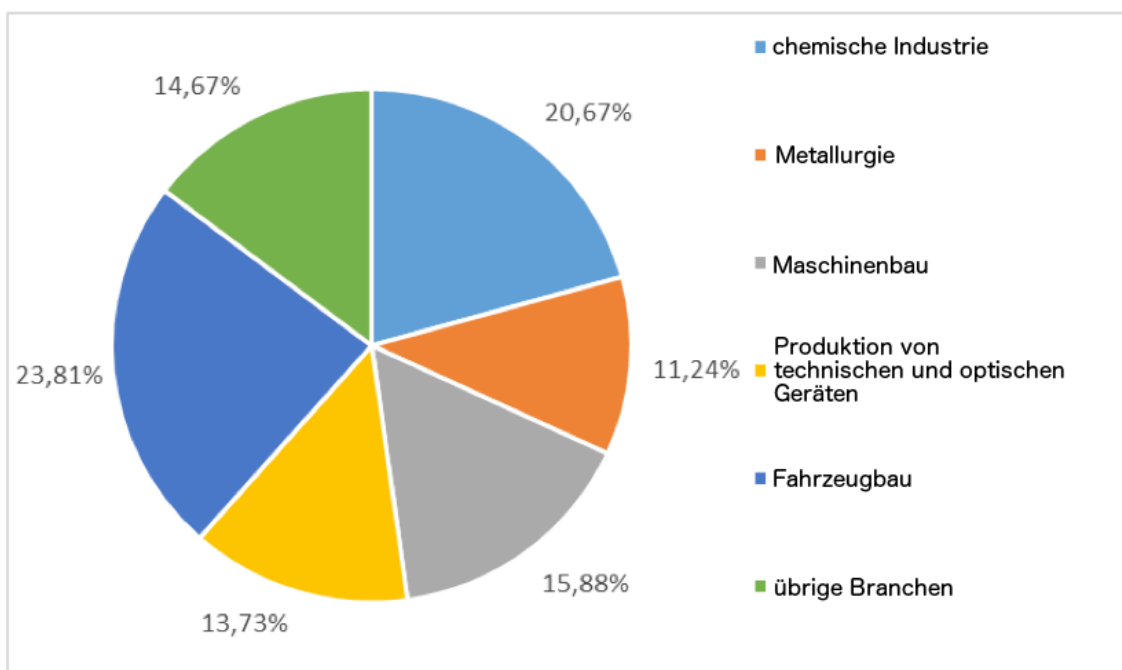


Abbildung 2.3: Exportstruktur der deutschen Industrieproduktion nach Branchen im Jahre 2011



Im Unterschied zu anderen Branchen der deutschen Industrie, zeichnen sich diese Branchen durch den höchsten Anteil des ausländischen Mehrwerts im Export sowie des Mehrwerts der Zwischenwaren im gesamten industriellen Export aus. In diesem Abschnitt werden diese Branchen in Bezug auf ihre Beteiligung an globalen Wertschöpfungsketten bewertet, außerdem wird ihre Position in diesen Ketten zum Zwecke der weiteren Bewertung eventueller Profite und Ausgaben beim praktischen Einsatz der Technologien und Grundsätze von Industrie 4.0 im Punkt 2.4 dieses Kapitels analysiert.

An der Spitze der deutschen Industrieproduktion steht die Automobilindustrie, deren Anteil 22,57% (Abbildung 2.2) beträgt. Diese Branche ist am stärksten exportorientiert, ihr Anteil am Gesamtumfang des industriellen Exports beträgt über 23% (Abbildung 2.3). Deutschland produziert ca. 10% der weltweiten Fahrzeugprodukte und ist nach Japan, den USA und China einer der größten Pkw-Produzenten der Welt, deren Anteile 11,6%, 13,9% und 21,26% betragen (Tabelle A.1). Es sind führende Positionen Deutschlands in diesem Industriezweig unter anderen europäischen Ländern zu betonen: der Anteil der Produkte, die in Deutschland hergestellt wurden, macht 39,6% der gesamteuropäischen Fahrzeugbauprodukte aus. Die Exportquote beläuft sich auf ca. 47%, was diesen Kennwert von Japan, den USA und China, bei denen diese Anteile 27%, 26,8% und 9,9% betragen, wesentlich übersteigt. Es soll erwähnt werden, dass diese Kennziffer im Europa-Vergleich 9% niedriger, als der Durchschnittswert ist: so beträgt die Ausfuhrquote von Ungarn 77,8%, Luxemburg 78,4%, Portugal 75%, Slowenien 70%.

Der Branchenmehrwert beträgt 143.742,57 Millionen US-Dollar. Nach diesem Kennwert nimmt Deutschland den dritten Platz in der Welt (12,8%) nach den USA und China ein, deren Anteile 14,5% bzw. 17% betragen (Tabelle A.1). Der Mehrwertanteil von Zwischenwaren am Export ist nicht hoch im Vergleich zu anderen Industriezweigen. Er beläuft sich auf 29,82%, dabei ist diese Kennziffer um 4% höher, als der europäische Durchschnittswert. Hier werden ca. 45% der Produkte in EU-Länder exportiert, die wichtigsten Handelspartner sind Frankreich (11,49%) und Großbritannien (7,06%). Zu den größten Käufern der deutschen Zwischenprodukte außerhalb der EU gehören China (12,5%) und die USA (9,74%) (Tabelle A.2). Der ausländische Mehrwertanteil am Produktexport ist im Vergleich zu anderen Branchen ziemlich hoch. Er beträgt 32,08%, was 11,17% niedriger ist, als der europäische Durchschnittswert. Dabei fallen nur etwa 72% auf EU-Länder, die wichtigsten davon sind Frankreich (14,93%) und Großbritannien (8,33%).

Nach der Formel (1.9) wurde der Kennwert der Branchenbeteiligung an globalen Wertschöpfungsketten berechnet. Das Ergebnis (0,62) zeugt von einer wesentlichen In-

tegration dieses Industriezweigs in globale Wertschöpfungsketten. Durch die Berechnung des Positionswerts an globalen Wertschöpfungsketten ergibt sich ein Negativwert, was von einem höheren Beteiligungsgrad der Branche an „absteigenden“ im Vergleich zu „aufsteigenden“ Prozessen zeugt (Tabelle A.1). Somit ist Deutschland ein vorrangiger Verbraucher von Zwischenprodukten, die beim Export eingesetzt werden. Der Produktionsanteil von Zwischenprodukten ist höher, obwohl der Unterschied im Beteiligungsgrad an diesen Prozessen eher gering ist.

Der zweitgrößte Industriezweig nach dem Umfang der hergestellten Produkte ist die chemische Industrie, deren Anteil 21,99% beträgt (Abbildung 2.2). Die Exportquote dieser Branche macht über 20% aus (Abb. 2.3). Der Weltanteil an der Herstellung chemischer Produkte Deutschlands liegt bei 4,39%, hier steht Deutschland China (25,02%), den USA (14,78%) und Japan (8,97%) nach (Tabelle B.1). Außerdem ist Deutschland der größte Produzent Europas. Die Ausfuhrquote beträgt ca. 42% der hergestellten Produkte, was die Kennwerte der führenden Herstellerländer wesentlich übersteigt, bei denen der Wert zwischen 6,82% und 18,5% schwankt, jedoch im Europa-Vergleich um 2% niedriger ist.

Der Mehrwert, der innerhalb der Branche geschöpft wird, beträgt 143.742,57 Millionen Euro, was dem Niveau der weltführenden Herstellerländer entspricht. Es ist zu betonen, dass sich diese Branche durch einen hohen Anteil an Zwischenprodukten im Export auszeichnet, der 50,84% ausmacht (Tabelle B.1). Nach diesem Kennwert überholt Deutschland den Hauptbranchenproduzenten China um einige Prozent und ist mit 10% über dem europäischen Durchschnitt ein europaweiter Absolutleader. Die größten Bezieher deutscher Zwischenprodukte sind EU-Länder, deren Quote über 51% beträgt. Die wichtigsten darunter sind Frankreich und Italien mit 8,88% bzw. 7,17%. Die Importteilquote im deutschen Export beträgt 32,39%, was die Werte der führenden Produzenten wie Japan (25,84%) und der USA (23,62%) übersteigt. Jedoch ist dieser Wert unter den EU-Ländern um 11% niedriger als der Durchschnitt. Die größten Importpartner sind EU-Länder, deren Quote 62% ausmacht. Besonders bedeutend sind die Anteile solcher Länder wie den USA (9,3%), der Schweiz (8,9%), Frankreich (8,92%) und der Niederlande (8,89%) (Tabelle B.2).

Gemäß der Formel (1.9) beträgt der Beteiligungsindex dieser Branche an globalen Wertschöpfungsketten 0,82, was von einem hohen Integrationsgrad in globale Wertschöpfungsketten zeugt. Dieser Indexwert entspricht dem der führenden Produzenten und übersteigt den Wert der USA. Was die Position der Branche an globalen Wertschöpfungsketten angeht, so zeugt der Positivwert von der vorrangigen Teilnahme des Industriezweigs an den „aufsteigenden“ Wertschöpfungsprozessen (Tabelle B.2). Das

bedeutet, dass das Land bei der Herstellung chemischer Produkte vorrangig als ein Ausführer von Zwischenerzeugnissen für Exportwarenherstellung auftritt.

Die Eisen- und Stahlindustrie sichert das drittgrößte Produktionsvolumen der deutschen Industrie, das sich auf 332.089,97 Millionen Dollar beläuft (Abbildung 2.2). Diese Branche macht über 11% des industriellen Exports Deutschlands aus (Abbildung 2.2). Was den weltweiten Platz der Branche angeht, so beträgt der Produktionsanteil Deutschlands 5,5%, was dem Land den vierten Platz in der Produktion nach China (31,65%), den USA (9,68%) und Japan (7,54%) sowie den Titel des europaweiten Absolutleader verschafft. Es lässt sich sagen, dass über 35% der hergestellten Produkte exportiert werden, was über die Kennwerte der weltführenden Herstellerländer deutlich hinausgeht.

Der innere Branchenmehrwert beträgt 100.784,37 Millionen Dollar, dies entspricht 6,68% des Weltniveaus. Damit nimmt Deutschland den vierten Platz nach China, den USA und Japan ein, deren Anteile 23,82%, 10,89% bzw. 10,15% ausmachen (Tabelle C.1). Die Branche zeichnet sich durch einen im Vergleich zu anderen deutschen Industriezweigen hohen Mehrwertanteil am Zwischenwarenexport, der 56,01% beträgt, aus, was den europäischen Durchschnitt etwas übersteigt. Die größten Bezieher dieser Produkte sind EU-Länder, deren Anteil über 55% ausmacht. Zu den wichtigsten Exportpartnern dieser Waren gehören Frankreich (9,9%) und Italien (8,75%). Der ausländische Mehrwertanteil am Produktexport macht 38,17% aus, was um 4% niedriger ist, als der europäischer Durchschnittswert. Im Zwischenwarenepxort sind EU-Länder nennenswert, deren Quote über 59% beträgt. Die wichtigsten Bezieher der Zwischenprodukte für Deutschland sind Italien (11,55%), Russland (9,8%), Frankreich (8,97%) und Österreich (8,03%) (Tabelle C.2).

Bei der Berechnung der Beteiligungsindexe des Landes an globalen Wertschöpfungsketten ergibt sich ein Wert von 0,941, was von einem sehr hohen Integrationsgrad in globale Wertschöpfungsketten zeugt. Die Berechnung des Positionsindexes an globalen Wertschöpfungsketten ergab einen Positivwert (Tabelle C.1). Dies bedeutet eine vorrangige Beteiligung der Eisen- und Stahlindustrie an „aufsteigenden“ Wertschöpfungsprozessen.

Der Maschinenbau ist der viertgrößte Industriezweig Deutschlands gemessen am Produktionsumfang. Der Produktionsanteil dieser Branche beträgt 14,2% (Abbildung 2.2). Nach diesem Kennwert nimmt Deutschland weltweit den vierten Platz nach den USA (9,1%), Japan (9,5%) und dem absoluten Leader China (31,97%) ein (Tabelle D.1). Deutschland ist ein ausgesprochener Führer gemessen nach dem Produktionsumfang der Branche unter den europäischen Ländern, wo ihr Anteil 36,5% ausmacht. In der Exportstruktur betragen die Branchenerzeugnisse 15,88%, was davon zeugt, dass der

Maschinenbau die dritt wichtigste Exportbranche nach Automobil- und chemischer Industrie ist (Abbildung 2.3). Es ist zu betonen, dass mehr als die Hälfte der Produkte exportiert wird. Außerdem ist die Ausführquote dieser Branche in Deutschland wesentlich höher, als in den weltführenden Herstellerländern. So beträgt dieser Wert in Japan, den USA und China 29%, 36,6% bzw. 12,7%. Jedoch sind sie im Vergleich nicht so hoch wie die der europäischen Länder: so erreichen beispielsweise Luxemburg und Slowenien 87,4% bzw. 69,8%.

Der Branchenmehrwert beläuft sich auf 123.281,89 Millionen Dollar, was 11,52% des Weltkennwerts ausmacht. Das entspricht dem Niveau solcher Weltführer in Sachen Produktionsvolumen wie Japan und der USA. Der Industriezweig zeichnet sich durch ein mittleres Mehrwertniveau am Zwischenwarenexport aus, der 38,79% beträgt und somit den europäischen Durchschnitt um 5,36% übersteigt. Bemerkenswert ist, dass die Exportquote dieser Produkte in europäische Länder verhältnismäßig niedrig ist (33,5%). Die größten Bezieher der deutschen Zwischenprodukte sind China und die USA (14,3%). Außerdem ist die Rolle solcher europäischer Staaten wie Frankreich (6,9%) und Italien (4,2%) ziemlich groß. Für Deutschland ist ein geringer Mehrwertanteil am Zwischenproduktenimport in der Exportquote kennzeichnend, der um 4,24% niedriger ist als der europäische Durchschnitt. Hier hängt viel von europäischen Lieferanten ab, die über 60% ausmachen und unter denen Italien (12%), Tschechien (6,8%), Frankreich (6,7%) und Österreich (6,3%) besonders bedeutend sind. Unter den Nicht-EU-Ländern sind Länder wie die Schweiz (8,8%), China (8,9%) und die USA (6,1%) nennenswert (Tabelle D.2).

Der nach der Formel 1.9 berechnete Beteiligungsindex des deutschen Maschinenbaus an globalen Wertschöpfungsnetzen beträgt 0,66, was von einer ziemlich aktiven Integration in globale Wertschöpfungsnetze zeugt. Was die Position der Branche in globalen Wertschöpfungsnetzen angeht, ergaben die Berechnungen einen Positivwert, was für einen hohen Integrationsgrad in „aufsteigende“ Prozesse (Tabelle D.1) spricht. Das bedeutet, dass Deutschland eher ein Lieferant als Verbraucher von Zwischenprodukten diese Branche ist.

Die Produktion elektrischer und optischer Anlagen nimmt nach dem Produktionsvolumen den 5. Platz in der Industriestruktur Deutschlands ein und beträgt 12,33% (Abbildung 2.2). Das ist der drittgrößte Industriezweig nach dem Produktionsvolumen, der 13,73% des Industrieexports ausmacht (Abbildung 2.3).

Nach dem Umfang der weltweit hergestellten Produktion nimmt Deutschland den 4. Platz ein, dessen Anteil beläuft sich auf 5,5%. Ihm gehen Länder wie Japan (9,4%), die USA (8,53%) und Korea (6,11%) voran. Was die EU-Länder angeht, so ist Deutschland ein Absolutleader der Produktion – hier beträgt dessen Anteil über 31%. Dieser Indust-

riezweig zeichnet sich durch eine ziemlich hohe Exportquote aus, die über 50% beträgt, was diesen Wert unter den führenden Produzenten der Branche deutlich übersteigt - hier schwankt der Wert zwischen 32,7% und 43,99% (Tabelle D.1).

In diesem Industriezweig werden 115.129,92 Millionen US-Dollar erwirtschaftet, was 8% des gesamten Mehrwerts ausmacht, der weltweit geschöpft wird. Nach diesem Kennwert nimmt Deutschland weltweit Platz 3 ein und steht lediglich den USA und Japan nach, deren Anteile 18,45% bzw. 12,58% betragen. Diese Branche wird durch einen ziemlich hohen Mehrwertanteil von Zwischenprodukten im Export gekennzeichnet, der sich auf 44,09% beläuft, was den europäischen Durchschnitt um 11,36% übersteigt. Die größten Bezieher sind China (19,75%), die USA (8,4%), Großbritannien (6,16%), Italien (6,77%) und Frankreich (5,5%). Hier ist auch die Rolle der EU-Länder zu nennen, auf die ca. 46,92% fällt (Tabelle E.2). Der Mehrwertanteil der Importprodukte in der Exportstruktur Deutschlands beträgt 25,1%, was um 15,67% weniger ist, als der europäische Durchschnitt. Unter den Zwischenproduktlieferanten kommt die wichtigste Rolle den EU-Ländern zu, deren Anteil über 46% ausmacht. Die größten Zwischenproduktlieferanten dieser Warengruppe sind China (22%), die USA (8,4%), Tschechien (8,42%), Großbritannien (6,12%) und Frankreich (5,5%).

Der berechnete Indexwert der Beteiligung an globalen Wertschöpfungsnetzen beträgt 0,69, was dem Niveau der wichtigsten Herstellerländer der Produkte entspricht (Tabelle E.1). Durch die Berechnung des Positionsindex des Landes an globalen Wertschöpfungsnetzen ergibt sich ein Positivwert. Dies zeugt von einer größeren Integration der Branche in „aufsteigende“ Prozesse.

Somit spielt die Industrie eine bedeutende Rolle in der deutschen Wirtschaft, wovon ihr hoher Anteil an der BIP-Struktur zeugt. Die Industrie Deutschlands überholt nach dem Produktionsvolumen und anderen Kennziffern viele Länder der Welt und ist ein ausgesprochener Leader in Europa. Außerdem ist die Exportorientierung der analysierten Industriezweige zu unterstreichen. Insgesamt zeichnen sich die Branchen durch einen hohen Beteiligungsgrad an globalen Wertschöpfungsnetzen aus, dessen Wert von 0,62 für Automobilindustrie bis 0,94 für Eisen- und Stahlindustrie schwankt. Vier von fünf betrachteten Branchen zeichnen sich durch die Beteiligung an „aufsteigenden“ Prozessen aus, was davon zeugt, dass Deutschland eher ein Hersteller von Zwischenprodukten als deren Verbraucher ist. Eine Ausnahme bildet die Automobilindustrie, die zum größten Teil in „absteigende“ Prozesse integriert ist. Besonders sind die Rollen der Handelspartner wie Frankreich, China, die USA, Großbritannien und Italien zu nennen.

Besondere Aufmerksamkeit ist darauf zu lenken, dass Deutschland nicht nur in den genannten Branchen ziemlich enge Verbindungen zu anderen EU-Staaten, sondern auch in anderen Geschäftsbereichen pflegt (Abbildung 2.4).

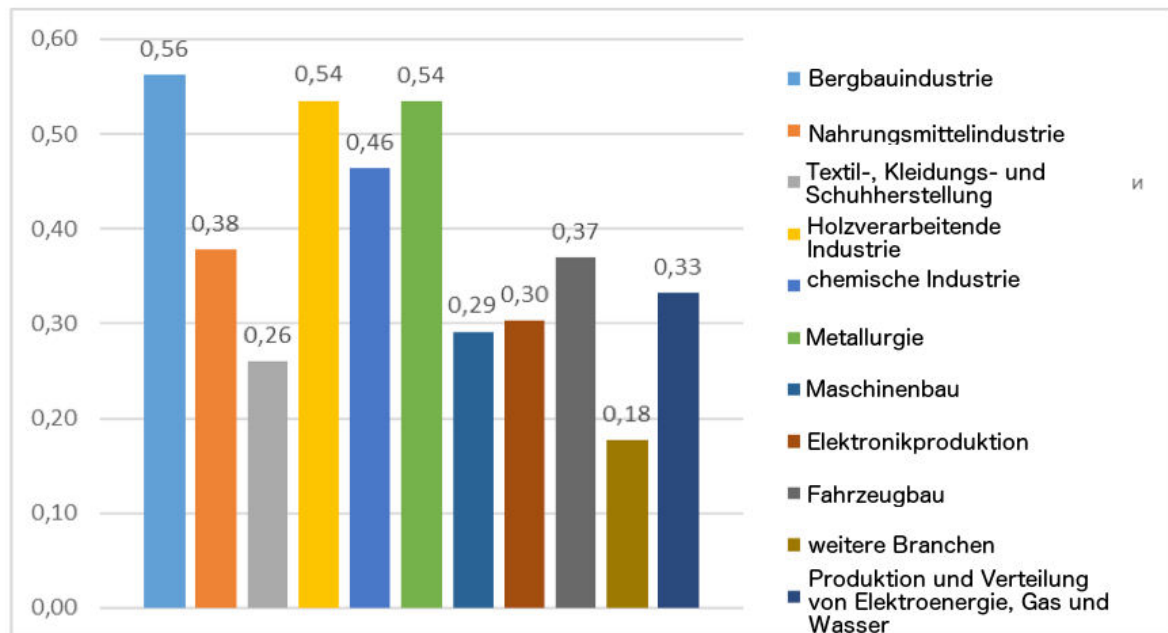


Abbildung 2.4: Koeffizienten zur Einbindung Deutschlands in internationale Wertschöpfungsketten im Rahmen der EU-Staaten

So sind Bergbau mit 0,56, Holzindustrie mit 0,54 und Eisen- und Stahlindustrie mit 0,54 die Branchen Deutschlands, die am meisten an globalen Wertschöpfungsnetzen europaweit beteiligt sind. Zu den Geschäftsbereichen, die die geringste Integration in globale Wertschöpfungsketten aufweisen, gehören andere Branchen (0,18), Textilien-, Kleidung- und Schuhherstellung (0,26), sowie chemische Industrie (0,29). Es ist auch zu betonen, dass Deutschland innerhalb der Gruppe vorrangig an „aufsteigenden“ Prozessen beteiligt ist. Nur noch in solchen Zweigen wie Maschinenbau, Automobilindustrie sowie andere Branchen nutzt Deutschland eher importierte Zwischenprodukte im Export aus.

## 2.1 Momentaner Status der Realisierung der Konzeption „Industrie 4.0“ in Deutschland

Die Idee der Umsetzung der Grundsätze von Industrie 4.0 in die deutsche Industrie entstand 2011 zur Hannovermesse, auf der die Fragen der Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie sowie der Integration cyber-physischer Systeme in Produktionsprozesse behandelt wurden. Jedoch griff die deutsche Regierung bereits früher den Trend der industriellen Veränderungen mit Einsatz der neuen Technologien auf, indem sie 2006 und 2010 die Entwicklungsstrategie der deutschen Industrie veröffentlichte. 2012 wurde die letzte Strategie unter dem Namen „Plattform Industrie 4.0“

veröffentlicht, der Anstoß dazu wurde auf der Hannovermesse 2011 gegeben. Die Plattform stellt ein Projekt der deutschen Wirtschaftsverbände BITKOM – Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V., Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau e.V. (VDMA), sowie Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI) dar. Diese Verbände vertreten insgesamt über 6000 Unternehmen, die über bestimmte Erfahrungen im Bereich Industrie 4.0 verfügen.

Da das Konzept Industrie 4.0 neu und innovativ ist, fällt es noch schwer, dessen Verbreitungsgrad zu beurteilen. Die einzelnen Informationsquellen stellen Umfragen dar, die die Grundlage für die Beurteilung gebildet haben. Eine der wenigen Studien in diesem Bereich ist eine Umfrage des ARIS Forschungsinstitutes aus dem Jahr 2015. Sie erfolgte unter den Führungskräften von Unternehmen und ihren Zweigstellen mit mindestens 100 Mitarbeitern aus unterschiedlichen Branchen. Die Forscher kamen zu dem Schluss, dass über 44% der Unternehmen Industrie 4.0-Anwendungen in der Praxis nutzen. Der Automobilbau hat bei der Nutzung entsprechender Technologien mit 53% einen Vorsprung vor anderen Branchen. In der Elektronikherstellung beträgt dieser Wert 48%, in der chemischen Industrie und dem Maschinenbau sind es ca. 42%. 18% der befragten Unternehmen planen den Einsatz von Industrie 4.0 in der Zukunft. Dabei weist der Maschinenbau den höchsten Wert auf. Unter den Unternehmen, bei denen der Einsatz von Industrie 4.0 nicht geplant ist, sprechen 24% ihr Interesse für dieses Thema aus und können sich vorstellen, dies in der Zukunft zu tun. Für 14% der Unternehmen ist der praktische Einsatz von Industrie 4.0-Anwendungen aktuell kein Thema (Abbildung 2.5).

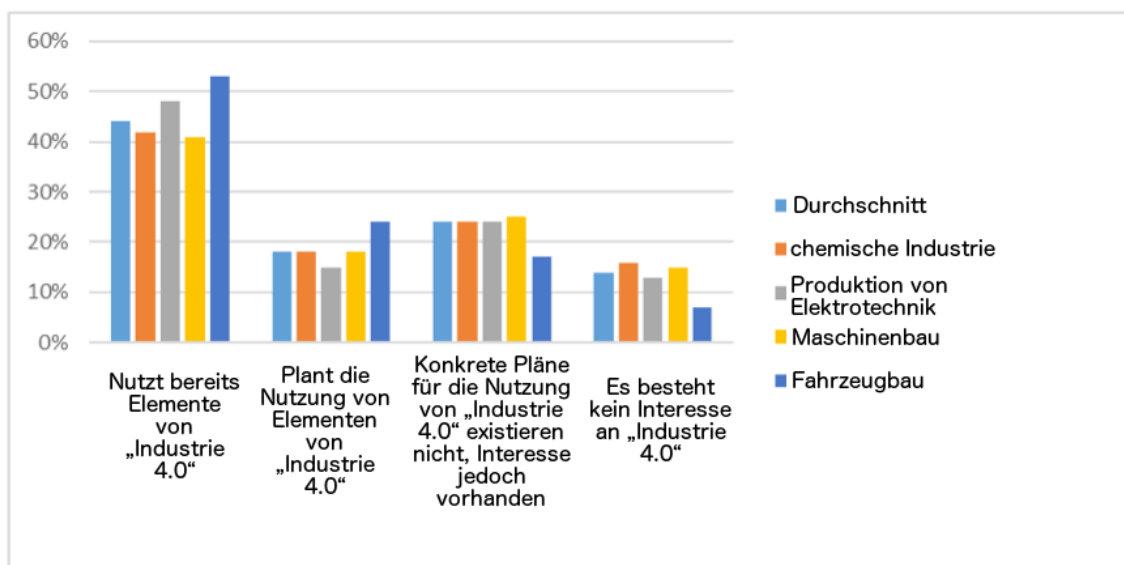


Abbildung 2.5: Ausmaß der Verbreitung unter Unternehmen ausgewählter Sparten im Jahre 2015

Laut Forschungsergebnissen gehören zu den meist erwarteten Effekten erhöhte Produktqualität (76%), Verringerung der Produktionskosten (72%), Verbesserung der Kapazitätsauslastung (71%) sowie die Möglichkeit flexiblerer Arbeitsorganisation (70%) (Abbildung 2.6).

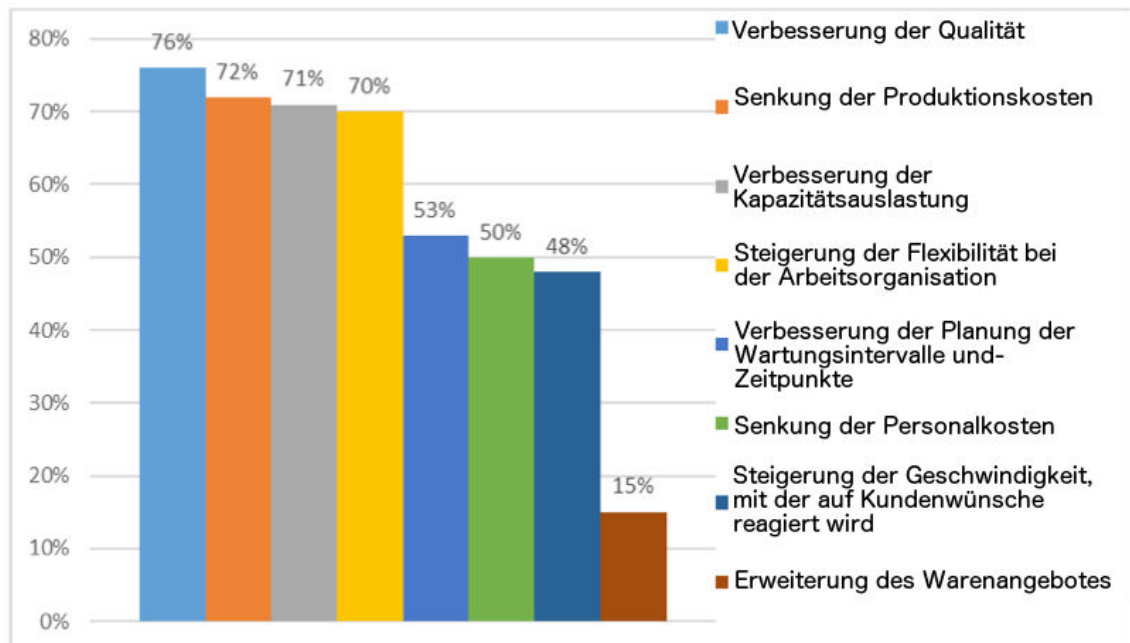


Abbildung 2.6: Erhoffte Vorteile von der Einführung von „Industrie 4.0“

Eine weitere Studie zu diesem Thema wurde 2015 vom ZEW erstellt. Daran nahmen etwa 4500 deutsche Unternehmen teil. Die Experten kamen zum Ergebnis, dass rund 18% der Unternehmen Big Data-Technologien benutzen. Dabei hängt das Ausmaß von der Unternehmensgröße ab (Abbildung 2.7).



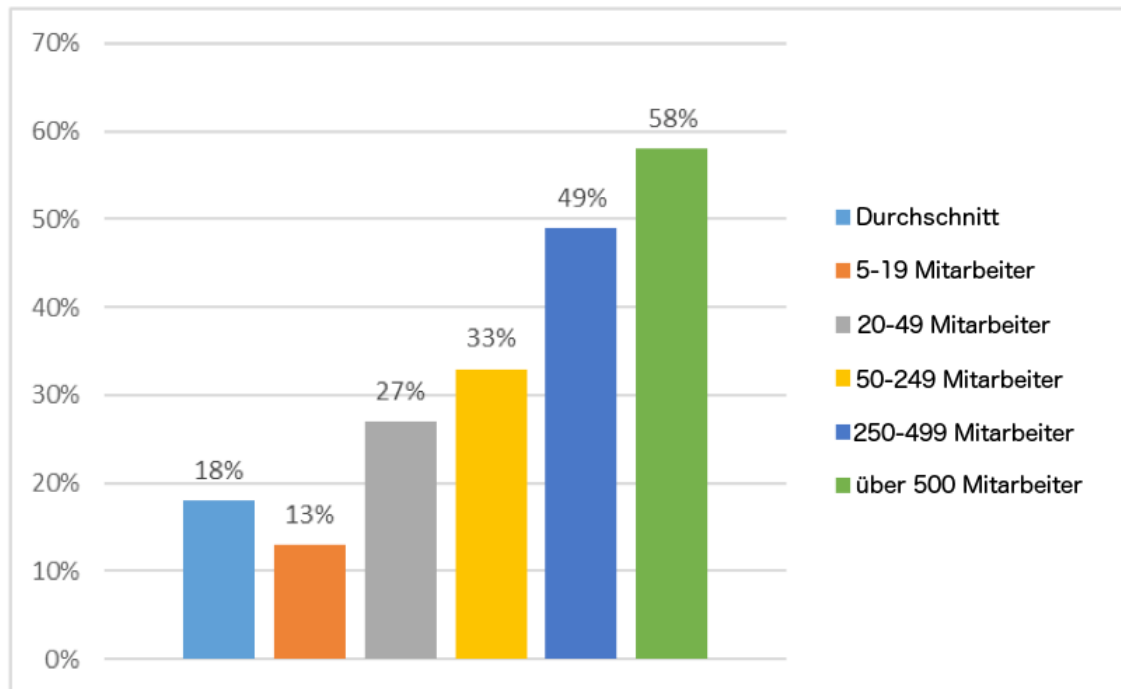


Abbildung 2.7: Anzahl von Unternehmen in Deutschland, die Big Data Technologien nutzen, in Abhängigkeit von ihrer Größe

Während Großunternehmen Big Data in 58% der Fälle benutzen, beträgt dieser Kennwert bei mittelständischen Unternehmen mit 5 bis 19 Mitarbeitern 13%. Was Cloud Computing-Technologien angeht, so finden sie bei ca. 20 % Unternehmen Einsatz.

Bemerkenswert ist, dass die Ideen von Industrie 4.0 ihre Verbreitung nicht nur in Deutschland gefunden haben. Solche Programme existieren in einer Reihe anderer Länder wie z.B. Smart Factory in den Niederlanden, Usine de Futur in Frankreich, High Value Manufacturing Catapult in Großbritannien, Fabbrica del Futuro in Italien, Made Different in Belgien und andere. Einen großen Schwung bekamen die Digitalisierungsideen in den USA. 2014 wurde auf Anregung von General Electric, AT&T, Cisco, IBM und Intel das Industrial Internet Consortium gegründet, das bereits 170 Mitglieder zählt. Es handelt sich um ein nichtkommerzielles Konsortium mit offener Teilnahme. Im Unterschied zur deutschen Strategie mit dem Schwerpunkt Industrie, wird in der US-Strategie auf Produktion, Energiewirtschaft, Medizin, Verkehr, Landwirtschaft und Kommunaldienste gesetzt.

Unter diesen Bedingungen gewinnt die internationale Länderkooperation zum Zwecke der Erarbeitung weltweiter Standards an Bedeutung. So gingen am 14. Juli 2015 das deutsche Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und das Ministerium für Industrie- und Informationstechnologien von China ein Kooperationsabkommen im Industriebereich 4.0 ein.

Auf der EU-Ebene wird großes Augenmerk auf die Förderung der neuen Technologien für Industrie 4.0 gelegt. So wurden zwischen 2008 und 2013 150 Projekte mit Schwerpunkt Informations- und Kommunikationstechnologien in der Produktion gefördert. Für den Zeitabschnitt 2015-2020 ist im Rahmen der EU das neue Programm Horizont 2020 geplant. Das größte Ziel davon ist die Förderung von Forschungen und Innovationen, die auf den Einsatz von Industrie 4.0 gerichtet sind. Die Initiative, die gezielt kleine und mittelständische Unternehmen fördert, ist ICT Innovationen für produzierende KMU. Seit dem Sommer 2013 unterstützt die Initiative kleine und mittelständische Unternehmen über ein spezielles Testzentrum für Informations- und Kommunikationstechnologien entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Somit zeichnet sich Deutschland, wie die Statistiken zeigen, durch einen relativ hohen Verbreitungsgrad des Konzepts Industrie 4.0 aus. Jedoch befindet sich das Land momentan in der Anfangsphase dieses Prozesses. Dies wird unter anderem dadurch begründet, dass Unternehmen, die dessen Technologien einsetzen, in vielen Quellen zum Thema Industrie 4.0 als Einheiten betrachtet werden, die vollständig nach den Grundsätzen von Industrie 4.0 fungieren. In der Tat trifft das nicht immer zu. Den Einsatz solcher Strukturen wie Smart Factories können sich nur noch Großunternehmen leisten. So beschäftigt sich die Beiersdorf AG seit 2009 mit der Schaffung von Voraussetzungen für eine intelligente Fabrik, indem vertikale Integration von IT-Systemen der Struktureinheiten auf der Grundlage von SAP MII erfolgt. Es ist zu betonen, dass dieser Prozess noch im Gange ist, was dafür spricht, dass die eigentliche Smart Factory noch nicht funktioniert.

Unter den 207 praktischen Lösungen für diesen Bereich, die auf der Webseite der Plattform Industrie 4.0 verfügbar sind, stellen nur drei davon intelligente Fabriken dar. Es lässt sich sagen, dass sie sich im Projektstadium befinden, die noch nicht in Funktion getreten sind. Alle übrigen Ideen auf der Webseite sind einzelne Elemente der Industrie 4.0. Der Hauptzweck des Konzepts besteht in der Vereinigung all dieser Elemente im Rahmen eines Unternehmens zu einem intelligenten System, das Zentralisierung mit gleichzeitiger Autonomie all ihrer Elemente in sich vereinigen würde. Wann und ob solch eine Vereinigung überhaupt stattfindet, ist schwer zu sagen. Man kann lediglich feststellen, dass Deutschland erst am Anfang dieses Weges steht, jedoch bewegt es sich sicher in diese Richtung.

## **2.2 Beurteilung der Grundvoraussetzungen Deutschlands für eine breite Anwendung von „Industrie 4.0“**

Eine der wichtigen Voraussetzungen für den Erfolg von Industrie 4.0 ist die Entwicklungsstufe der fünf Wirtschaftsbereiche, die die Bedingungen für die Funktion der anderen Unternehmen schaffen.

Hierzu gehören die Herstellung von intelligenter Sensortechnik, adaptiver Robotersysteme, innovativer Produktionssysteme, Informations- und Kommunikationstechnologien, sowie Logistik. Bei einer breiten Anwendung dieses Konzepts haben Unternehmen aus den erwähnten Bereichen größere Chancen der Einbeziehung in globale Wertschöpfungsketten als Hersteller der Infrastrukturbestandteile.

Die Grundlage für die weitere Entwicklung der Automation und Flexibilität in allen Branchen bilden Sensoren. Die Herstellung der Sensortechnik in Deutschland hat eine lange Tradition und die Unternehmen des Landes zählen zu den Weltführern dieses Industriezweigs. Die deutsche Branche der Sensor- und Messtechnik macht etwa 30% des Weltmarktes aus. In Deutschland ist sie von über 2.500 Unternehmen vertreten. Dabei beträgt deren jährlicher Umsatzanstieg 2,7 Milliarden Euro. Der Umsatz der deutschen Unternehmen beläuft sich auf ca. 35 Milliarden Euro, was 30% des Weltmarktes entspricht. 40% der in Deutschland hergestellten Sensorsysteme werden exportiert. Es lässt sich sagen, dass die Hersteller der Sensortechnik mit Rücksicht auf weitere Verbreitung der Industrie 4.0 Kooperationsverbindungen mit Maschinen- und Anlagenlieferanten herstellen sollten. Dies würde ihnen dazu verhelfen, eine günstige Weltposition in der Produktion der Anlagen neuer Art einzunehmen. Jedoch sollte das Risiko seitens der Unternehmen aus den USA und Japan nicht außer Acht gelassen werden, da diese eine starke Konkurrenz im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien darstellen und deren Märkte für die Hersteller der Sensorprodukte ziemlich attraktiv sind.

Eine weitere Branche, die von besonderer Bedeutung für den Einsatz von Industrie 4.0 ist, ist die industrielle Robotik. Ihr Umsatz in Deutschland betrug für das Jahr 2013 2,35 Milliarden Euro, was das Land zum drittgrößten Produzenten der Welt nach den USA und Japan sowie zum europaweiten Leader macht. Es ist zu unterstreichen, dass im Fahrzeugbau pro 1.000 Mitarbeiter etwa 114 Industrieroboter zum Einsatz kommen. Außerdem ist Deutschland nicht nur ein bedeutender Verbraucher, sondern auch einer der führenden Lieferanten der Robotertechnik. Jedoch zeugen die Investitionspläne anderer Länder von einer möglichen Verschärfung des Wettbewerbs in dieser Branche. So plant Südkorea eine aktive Innovationskampagne, die bis 2018 Investitionen im Umfang von 2,3 Milliarden Euro in halbstaatliche Vereinigungen zum Zwecke der Entwicklung von intelligenten Robotern für den Bereich Industrieproduktion und Dienste vorsieht. In aktuellen fünfjährigen Plänen von China und Japan wird Robotertechnik zu einem der wichtigsten Themen erklärt. Die Länder sprechen von hohem Bedarf an For-

schungs- und Entwicklungsarbeiten. Die für einige Jahre geplanten Investitionen der USA in den Bereich Robotik und Automatisierung betragen ca. 440 Millionen Euro. Was die Pläne Großbritanniens angeht, so hat das Land vor, bis 2020 etwa 227 Millionen Euro in Robotikentwicklung zu investieren.

Eine weitere Sphäre, die die Grundlage der Funktion von Industrie 4.0 garantiert, ist die Errichtung innovativer Produktionssysteme. Die deutsche Automatisierungsbranche generiert einen Umsatz von 46,6 Milliarden Euro. Mit Rücksicht darauf, dass der Einsatz von Machine-to-Machine-Kommunikation zwischen 2008 und 2013 um 300% gestiegen ist, lässt sich sagen, dass diese Branche für deutsche Lieferanten ziemlich attraktiv ist. Die Möglichkeit, neue Märkte zu erschließen, entsteht im Zusammenhang mit Reindustrialisierungsprozessen in den USA, die sich momentan ereignen. Dabei darf die Unterstützung nationaler Hersteller in den USA nicht unterschätzt werden. So stellt das National Institute of Standards and Technology (NIST) jährlich etwa 127 Milliarden Euro für die Finanzierung des nationalen Netzes neuer Produktionsmethoden bereit, das einen Verband Industrieunternehmen, Wissenschaftsvereine und politischer Behörden für die Förderung der Innovationsentstehung im Bereich Produktionstechnologien darstellt.

Eine wichtige Voraussetzung für Industrie 4.0 ist die innere und äußere Logistik. Laut Angaben der International Federation of Robotics (IFR) existierten 2013 weltweit über 1.300 autonome Logistiksysteme, was doppelt so viel war wie 2012. Insgesamt wurde das Marktvolumen dieser Systeme 2013 auf 190 Millionen Euro geschätzt. Bis 2017 wird eine Marktpotentialerhöhung um 1,26 Milliarden Euro erwartet. Laut Studienergebnissen des Bundesverwaltungsamtes aus dem Jahr 2015 verfügt der deutsche Markt über das größte Wachstumspotential und hat in dieser Branche einen Vorsprung vor den Ländermärkten Europas, Nordamerikas und Asiens. Deutschland spielt in diesem Industriezweig eine wichtige Rolle. So hat die deutsche Logistik laut Angaben der Commerzbank den weltweit viertgrößten Umsatz nach den USA, China und Japan. Außerdem ist das Land der Weltführer im Weltbank-Ranking Logistics Performance-Index.

Was die Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnologien anbetrifft, so zeichnet sich diese Branche in Deutschland durch einen sehr hohen Innovativitätswert aus. So betrug die Innovationsquote unter den Unternehmen laut ZEW-Angaben 2014 fast 80%. Die Unternehmen entwickeln aktiv ihre Innovationstätigkeit und geben im Durchschnitt 7,4% für Innovationsprojekte aus. Außerdem betragen die Brancheninvestitionen etwa 18,2 Milliarden Euro, was 4,5% des gesamten Investitionsumfanges ausmacht. Die führende Position in der Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnologien im Kontext der Industrie 4.0 nimmt die SAP SE ein, der bekann-

testen Softwarelieferant für Unternehmen weltweit. Jedoch liefern amerikanische High-Tech-Gesellschaften wie Apple oder Google mit einem hohen Innovations- und Investitionspotenzial einen ernst zu nehmenden Wettbewerb für deutsche Unternehmen.

Somit kann man aufgrund der hohen Entwicklungsstufe der genannten Branchen behaupten, dass in Deutschland günstige Voraussetzungen für die Integration von Industrie 4.0 vorzufinden sind. Das Land verfügt über ein großes Potential, das dazu verhelfen kann, die Spitzenstellung in der Industrieproduktion der Zukunft einzunehmen. In diesem Zusammenhang entstehen weitreichende Möglichkeiten für Unternehmen, die Produkte dieser Branchen herstellen, ihren Platz in neuen und noch nicht besetzten Sektoren zu finden, was allerdings auch Risiken beim Scheitern dieses Konzepts mit sich bringt. Eventuelle Schwierigkeiten können wegen zunehmender internationaler Konkurrenz im IT-Bereich seitens High-Tech-Gesellschaften sowie ausländischer Staaten entstehen, die diese Branche aktiv finanzieren.

## **2.3 Kosten und Nutzen der Umsetzung der Konzeption „Industrie 4.0“**

Laut einer ARIS-Studie besteht das größte Hindernis bei der Umsetzung von Industrie 4.0 in Investitionsausgaben. Gerade deswegen zögern viele Unternehmen mit der Integration dieser Technologien. In Hinblick auf die Nicht-Abgeschlossenheit des Themas, das Fehlen von Informationen über die genauen Investitionssummen für notwendige Anlagen sowie die zu erwarteten erwirtschafteten Gewinne erscheint dies durchaus logisch. In diesem Abschnitt werden die Berechnungsergebnisse des geschätzten Effizienzwachstums in Industriebranchen Deutschlands dargestellt und der voraussichtliche Nutzen durch den Einsatz dieser Technologien bei den Branchenunternehmen abhängig von deren Größe und Geschäftszweig bewertet sowie entsprechende Kosten dargelegt.

In der Studie Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland von BITKOM und dem Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO wurden Potentiale durch den praktischen Einsatz der Grundsätze und Technologien des Konzepts Industrie 4.0 bewertet. Diese Potentiale sind auf die Entwicklung von neuen innovativen Produkten, neuen Dienstleistungen und Geschäftsmodellen, die die Effizienz der gesamten Produktionsprozesse erhöhen, zurückzuführen. Die Studienergebnisse zeigen, dass der Einsatz von Industrie 4.0 in Branchen wie chemischer Industrie, Maschinenbau und der Herstellung von elektrischen und optischen Geräten eine zusätzliche Wertschöpfungserhöhung um 30%, bei Fahrzeugbau um 20%, bei Landwirtschaft, Informations- und Kommunikationstechnik um 15% und bei anderen Branchen

um 12% mit sich bringen kann. Aufgrund dieser Informationen sowie der ausgewerteten Daten aus Punkt 2.1. wurden Berechnungen vorgenommen, um den wirtschaftlichen Nutzen der wichtigsten Branchen der deutschen Industrie bewerten zu können (Tabelle 2.1).

Industriebranche	Wertschöpfung 2011, in Mio. USD	Zusätzliche Wertschöpfung durch Umsetzung von „Industrie 4.0“ über 12 Jahre	Zusätzliche Wertschöpfung durch Umsetzung von „Industrie 4.0“ über 12 Jahre, in USD	Leistungsgewinn über 12 Jahre, in Mio. USD
Chemische Industrie	142 664,99	30%	42 799,50	185 464,49
Metallurgie	100 784,37	12%	12 094,12	112 878,49
Maschinenbau	123 281,89	30%	36 984,57	160 266,46
Produktion elektronischer und optischer Geräte	115 129,92	30%	34 538,98	149 668,90
	143 742,57	20%	28 748,51	172 491,08

*Tabelle 2.1: Zusätzliche Wertschöpfung durch Umsetzung der Konzeption „Industrie 4.0“ in den Hauptbranchen Deutschlands*

Wie bereits erwähnt wurde, können maximal mögliche Potentiale in der chemischen Industrie, im Maschinenbau sowie in der Herstellung elektrischer und optischer Geräte erwartet werden. In diesen Wirtschaftsbereichen beträgt die geschätzte Mehrwerterhöhung 30% für 12 Jahre. Der Anteil des geschöpften Mehrwerts bei Automobilindustrie kann 20% ausmachen. Die erwartete zusätzliche Wertschöpfung in der Stahl- und Eisenindustrie liegt bei 12%.

Dabei, wie die Studienergebnisse Industrie 4.0 – Volks- und Betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland belegen, beeinflusst die Erhöhung der Wertschöpfung maßgeblich das Verbreitungsmaß des Konzepts Industrie 4.0 unter den Teilnehmern der Wertschöpfungskette sowie deren Anzahl.

Aufgrund der Daten dieser zwei Studien wird eine Berechnung der zusätzlichen Wertschöpfung unter kleinen und mittelständischen Zulieferern sowie großen Erstausrüstern vorgenommen, die durch das unterschiedliche Verbreitungsmaß von Industrie 4.0 wegen unterschiedlicher Vernetzungseffekte schwankt. Als 100% wird der Faktor des maximalen Einsatzes von Industrie 4.0 unter allen Unternehmen angenommen und somit der Prozentsatz der möglichen zusätzlichen Wertschöpfung mit Rücksicht auf Vorteile- und Ausgaben-Verhältnis berechnet. Bei allen betrachteten Industriezweigen steigen die Vorteile mit der Ausweitung des Unternehmensnetzes aufgrund der Technologien von Industrie 4.0. Dabei hängt der absolute Nutzen von der Branche ab.

So wird beim Ex-ante-Szenario, bei dem einseitige Kommunikation zwischen GU und kleinen und mittelständischen Zulieferern gesichert wird, der maximale Absolutwert von zusätzlicher Wertschöpfung in der chemischen Industrie beobachtet. Für große Erstausrüster beträgt er 10.070,47 Millionen US-Dollar, was den Ausgabenumfang um 2.517,62 Millionen US-Dollar übersteigt. Für kleine und mittelständische Zulieferer kann die Umsetzung des Konzepts Kosten in Höhe von 5.035,24 Millionen US-Dollar mit sich bringen, jedoch werden in beiden Fällen die Ausgaben die erwarteten Profite übersteigen. So werden die Kosten für mittelständische Unternehmen auf 12.084,56 Millionen US-Dollar beziffert, für kleine Unternehmen betragen sie 6.042,28 Millionen US-Dollar. Im Ex-post-Szenario, bei dem eine teilweise Vernetzung mittelständischer Zulieferer erfolgt, bleibt der Vorteil für GU gleich im Vergleich zum Vorszenario, jedoch erhöhen sie sich für mittelständische Zulieferer um nahezu 10.000 Millionen US-Dollar. Für kleine Unternehmen hängen die Vorteile mit einem verhältnismäßig geringeren Wachstum um 2.571,61 Millionen US-Dollar zusammen. Die Höhe der Ausgaben bleibt in diesem Fall unverändert. Bei der vollständigen Vernetzung aller Unternehmen im Koordinationsszenario steigen die Vorteile großer und mittelständischer Unternehmen innerhalb der Wertschöpfungskette, deren Volumenwachstum in beiden Fällen 5.035,24 Millionen US-Dollar betragen wird, wesentlich. Was die Ausgaben anbetrifft, erfolgt deren Reduzierung erst im Koordinationsszenario bei mittelständischen Unternehmen, dabei reduzieren sich die Kosten auf 6.042,28 Millionen US-Dollar. Die geringsten Vorteile (und verhältnismäßig auch Kosten) sind für Betriebe der Stahl- und Eisenindustrie kennzeichnend, bei denen die Profite im Koordinationsszenario bei großen und mittelständischen Unternehmen 4.268,51 Millionen US-Dollar, und bei kleinen Unternehmen 3.557,09 Millionen US-Dollar betragen werden (Tabellen F.1 und G.1).

Somit steigen die Vorteile des Einsatzes von Industrie 4.0 proportional zu der vernetzten Unternehmensanzahl. Das heißt, es werden um große Erstausrüster herum Netze gebildet, die Zulieferer vereinigen. Die Technologien der Industrie 4.0 bringen u.a. die Kommunikation unter den Unternehmen auf ein neues Niveau, wodurch Vernetzungseffekte nicht nur zwischen den Lieferanten und Großunternehmen, sondern auch unter den Lieferanten selbst entstehen, was ihnen die Möglichkeit zur Kooperation bietet. Man könnte also sagen, dass kleine und mittelständische Unternehmen durch die Vernetzung um das Großunternehmen herum die Möglichkeit bekommen, mit anderen Lieferanten zusammenzuarbeiten. Und je mehr Unternehmen vernetzt sind, umso mehr übersteigen die erwarteten Vorteile die Umsetzungskosten von Industrie 4.0. Dementsprechend höher ist ebenfalls die Effizienz.

Mit Rücksicht auf ziemlich hohe Beteiligungsfaktoren von Deutschland an globalen Wertschöpfungsnetzen ist die Verbreitung der Technologien von Industrie 4.0 bei Handelspartnern besonders aktuell. Da ein ziemlich hoher Verbindungsgrad zwischen

Deutschland und anderen EU-Ländern in globalen Wertschöpfungsnetzen besteht, lässt sich unter Beachtung des berechneten Umsetzungspotentials der Industrie 4.0 sagen, dass der Umfang zusätzlicher Vorteile zu 37,65% von der Verbreitung des Konzepts in EU-Ländern abhängt. Die am meisten betroffenen Wirtschaftsbereiche sind die chemische Industrie (28,8%), Maschinenbau (15,65%), Autoindustrie (15,45%), sowie Elektronikherstellung (15,2%) (Tabelle H.1).

## **2.4 Zusammenfassung des zweiten Kapitels**

Die Industrie spielt in der deutschen Wirtschaft eine sehr wichtige Rolle. Nach einer Reihe Kennwerte hat das Land einen großen Vorsprung zu vielen Ländern der Welt. Die bedeutendsten Branchen der Produktions- und Exportstruktur sind Fahrzeugbau, chemische Industrie, Eisen- und Stahlindustrie, Maschinenbau sowie Herstellung der elektrischen und optischen Geräte. Diese Wirtschaftsbereiche werden durch einen hohen Beteiligungsgrad an globalen Wertschöpfungsnetzen gekennzeichnet. Die Unternehmen dieser Branchen werden durch ihre vorwiegende Beteiligung an „aufsteigenden“ Prozessen charakterisiert. Das bedeutet, dass die Exportquote von Zwischenprodukten, die Importländer für den weiteren Export in Drittländer einsetzen, den Anteil der importierten Zwischenprodukte im Export der deutschen Branchen übersteigt. Die größte Verbindung Deutschlands in globalen Wertschöpfungsnetzen besteht mit Ländern wie Frankreich, China, die USA, Großbritannien und Italien. Von besonderer Bedeutung bei diesem Aspekt ist die Kooperation auf der EU-Ebene: den höchsten Grad an Beteiligung an Wertschöpfungsprozessen mit diesen Ländern weisen Wirtschaftsbereiche wie Gewinnungsindustrie, Holzverarbeitungsindustrie, chemische sowie Eisen- und Stahlindustrie auf.

Die Idee der Industrie 4.0 kam 2011 zustande. Seit jener Zeit startete die aktive Verbreitung dieses Konzepts in Deutschland. Bereits heute gibt es sehr viele Unternehmen, die Elemente der Industrie 4.0 in ihre Produktionssysteme integrieren. Dabei gehören zu ihren Zielen die Erhöhung der Produktqualität, Senkung der Produktionskosten sowie Optimierung der gesamten Produktionsprozesse. Wesentliche Hindernisse bei der Implementierung der Industrie 4.0 bestehen in den hohen Umsetzungskosten, der Komplexität des Themas, einem Mangel an adäquat ausgebildeten Fachkräften sowie den hohen Anforderungen an die Datensicherheit. Zum heutigen Zeitpunkt kann man also lediglich von der Integration einzelner Elemente sprechen, nicht von der Umsetzung des ganzen Konzepts. Dies zeugt davon, dass Deutschland diesen Weg gerade erst betreten hat.

Eine umfangreiche Verbreitung des Konzepts schafft Möglichkeiten für die Stärkung der Positionen deutscher Unternehmen in globalen Wertschöpfungsnetzen sowie die



Einbeziehung der Unternehmen von Branchen, die Infrastrukturbestandteile herstellen. Dazu zählen Hersteller intelligenter Sensorentechnik, adaptiver Robotersysteme, innovativer Produktionssysteme, Informations- und Kommunikationssysteme sowie Logistikunternehmen. Was die Potentiale für die wichtigsten Industrieunternehmen anbetrifft, so kann die Integration von Industrie 4.0 die Mehrwerterhöhung fördern. Unter anderem gilt dies für die Unternehmen solcher Wirtschaftsbereiche wie chemische Industrie, Maschinenbau und Herstellung elektrischer und optischer Geräte. Abhängig von dem Ausmaß der Vernetzungseffekte wird der Umfang zusätzlicher Wertschöpfung sowie Kosten unter den Unternehmen diverser Branchen und Größe unterschieden. Dabei hängt der Vorteil Deutschlands zu 37% von der Verbreitung des Konzepts Industrie 4.0 in den EU-Ländern ab.

### 3 Möglichkeiten der Einbindung belarussischer Unternehmen in globale Wertschöpfungsketten mithilfe der Konzeption „Industrie 4.0“

Die Belarussische Industrie nimmt einen bedeutenden Platz in der BIP-Struktur des Landes ein. Ihr Anteil macht 26,4% aus, dabei hat Fertigungsindustrie den größten Anteil (22,4%). Die Anteile von Bergbauindustrie sowie Erzeugung und Verteilung von Strom, Erdgas und Wasser betragen 0,7% bzw. 3,3%. Ihnen folgen Handel, Baubranche, Verkehr und Fernmeldewesen sowie Nettosteuer auf Produkte (Abbildung 3.1).

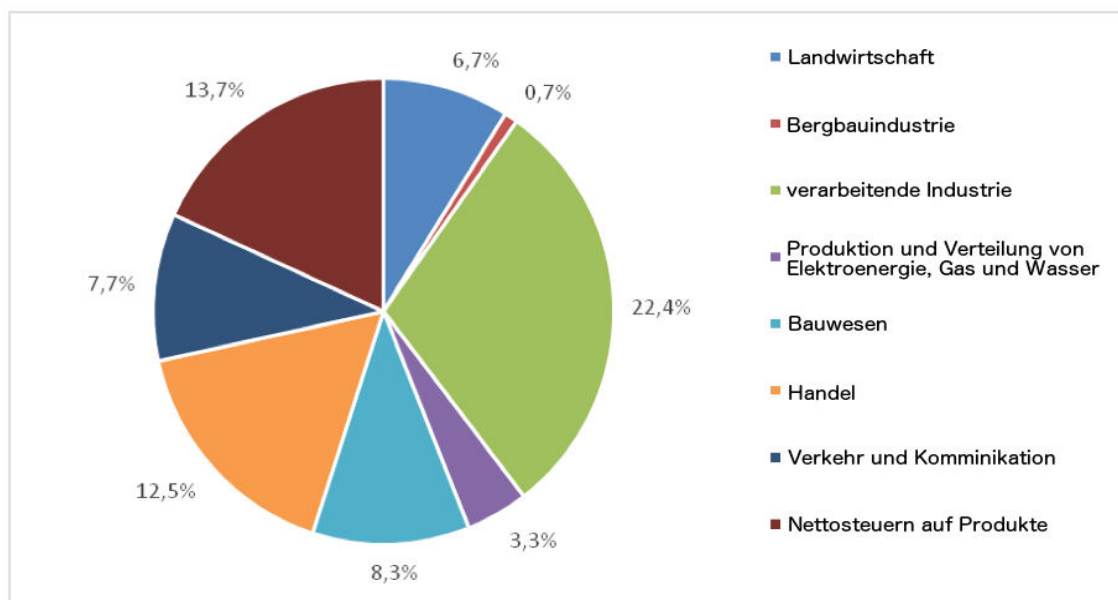


Abbildung 3.1: Struktur des belarussischen BIP im Jahre 2015

Über den größten Produktionsumfang verfügt die Lebensmittelindustrie, deren Anteil 26% ausmacht. Große Anteile haben außerdem Koks-, Erdölprodukt- und Kernmaterialherstellung (17,8%), chemische Industrie (10,8%), Maschinenbau (8,3%) sowie Eisen- und Stahlindustrie (7%).

Was den Mehrwert anbetrifft, so erfolgt seine Schöpfung meistens in solchen Wirtschaftsbereichen wie Lebensmittelproduktion (21,3%), chemische Produktion (13,5%), Maschinenbau (12,2%), Herstellung sonstiger Mineralprodukte (8,3%), sowie Eisen- und Stahlindustrie (11,1%). Es ist zu betonen, dass die größte Wertschöpfung grundsätzlich in Branchen stattfindet, die führende Positionen in Produktionsumfang und

Export haben. Eine Ausnahme bildet Koksherstellung, die zweiten Platz in der Produktionsstruktur hat und nur noch 4,8% der Wertschöpfung ausmacht.

Die führenden Bereiche der Exportstruktur sind Lebensmittelindustrie (22,1%), Maschinenbau (14,4%), Eisen- und Stahlindustrie (11,06%), sowie chemische Industrie (8,5%).

In Abbildung 3.2 sind die größten Bezieher der belarussischen Industrieprodukte dargestellt. Dazu gehören Russland (38,75%), Großbritannien (11,17%), die Ukraine (9,46%), die Niederlande (4,34%) und Deutschland (4,1%).

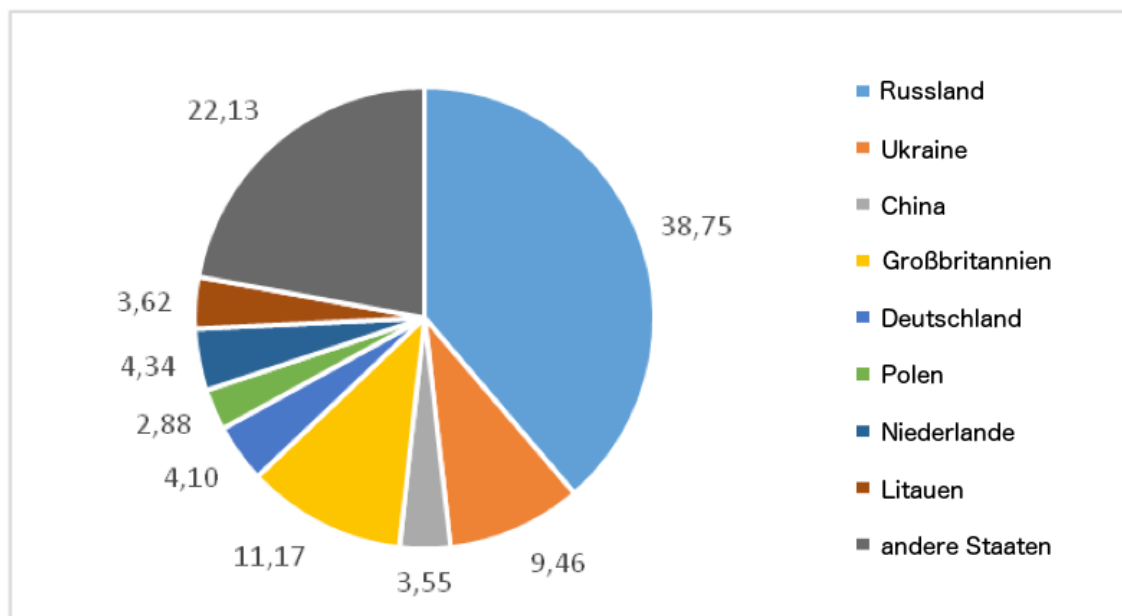


Abbildung 3.2: Haupthandelspartner von Belarus gemessen am dortigen Warenexport im Jahre 2015, Angaben in Prozent

Was die Importpartner anbetrifft (Abbildung 3.3), fallen hier die größten Anteile auf Russland (56,24%), China (7,96%), Deutschland (4,59%) und die Ukraine (3,16%). Im gesamten Warenumsatz der Republik Belarus gehört der größte Anteil Russland (48%). Bedeutende Anteile haben auch solche Geschäftspartner wie die Ukraine (6,1%), China (5,7%), Großbritannien (5,6%), sowie Deutschland (4,4%).

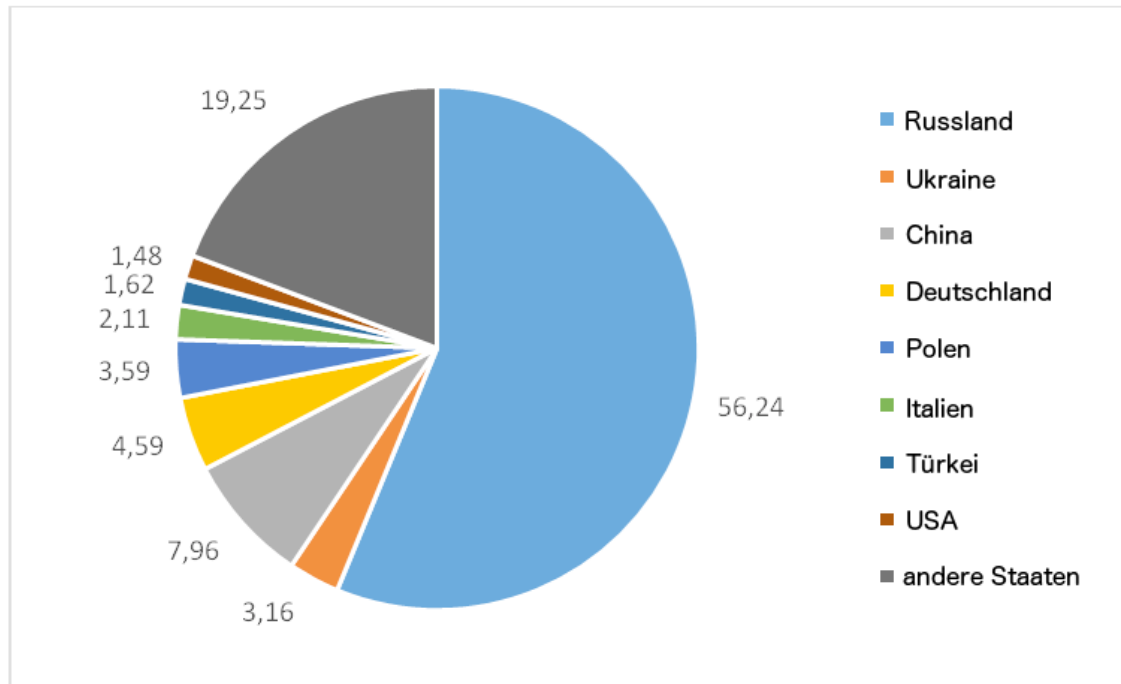


Abbildung 3.3: Haupthandelspartner von Belarus gemessen am dortigen Warenimport im Jahre 2015, Angaben in Prozent

Die Wirtschaft von Belarus zeichnet sich durch eine Reihe negativer Erscheinungen aus. Eine davon ist die Wachstumsflaute der Industrieproduktion und die Reduzierung deren Anteils am BIP.

Wie Abbildung 3.4 zeigt, besteht bereits seit 2005 eine Tendenz zur Reduzierung des Industrieanteils an der BIP-Struktur. Während dieser Anteil 2005 31,1% betrug, so ging er 2014 auf 25,9% zurück und verminderte sich innerhalb dieses Zeitabschnitts um 5,2%. Ein rascher Rückgang dieses Kennwerts um 5% war zwischen 2011 und 2015 zu verzeichnen.

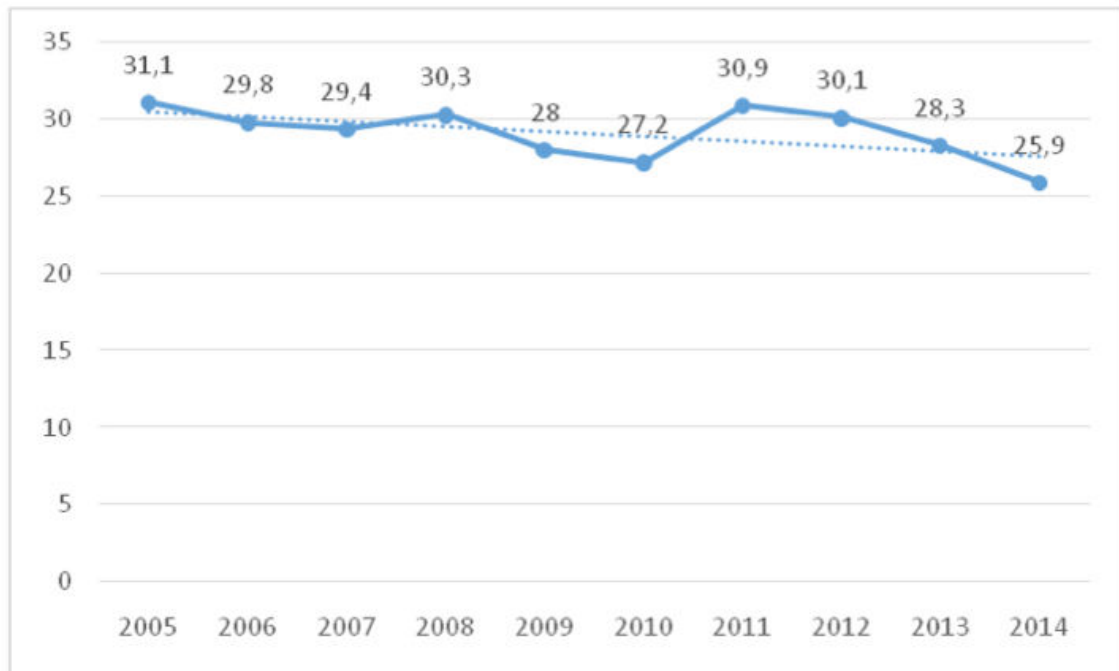


Abbildung 3.4: Dynamik des Anteils der Industrie in der BIP-Struktur von 2000 bis 2015

Der Zeitabschnitt zwischen 2000 und 2014 zeichnete sich durch Schwankungen des Produktionswachstums der belarussischen Wirtschaft aus (Abbildung 3.5). Dieser Parameter erreichte 2004 seinen Höchstwert (15,3%), dann startete jedoch ein Rückgang und erreichte 2009 den Wert von -3,4%. Danach stieg die Produktion wieder auf ihr Vorkrisenniveau von 2010 (11,7%). Zwischen 2010 und 2013 war eine negative Wachstumstendenz zu verzeichnen. 2013 gab es wieder einen Sturz, diesmal auf ein Rekordtief (-4,9%). Es lässt sich sagen, dass die industrielle Produktionssteigerung ersten Ermittlungen zufolge wieder einen Negativwert haben wird. So war dieser Kennwert von 2015 um 6% niedriger, als der Vorwert von 2014.

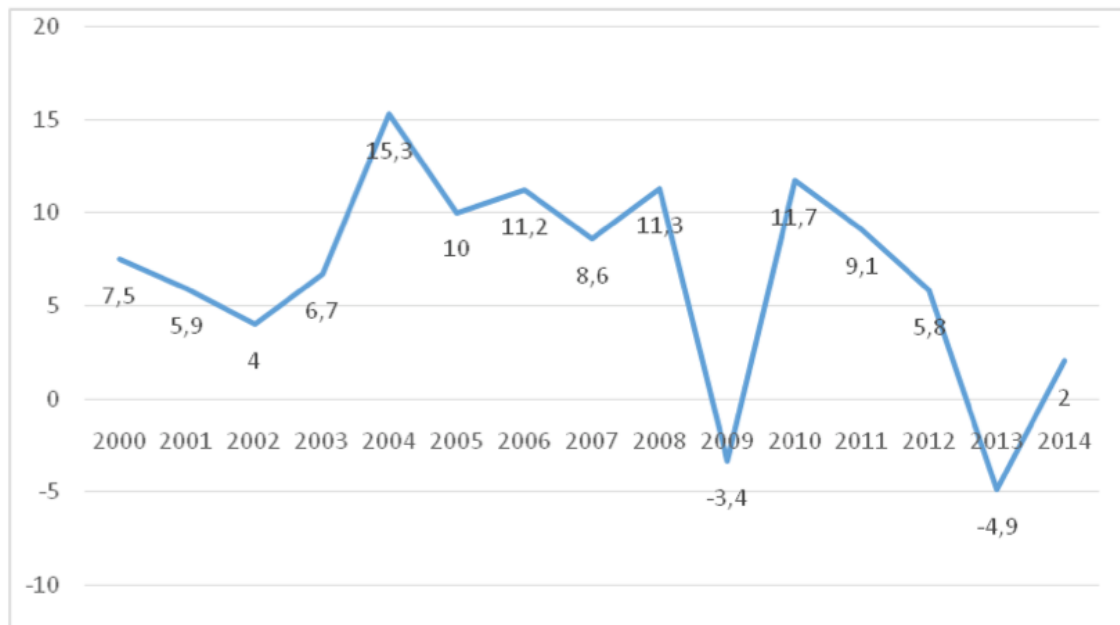


Abbildung 3.5: Wachstumsraten der belarussischen Industrieproduktion 2000 bis 2014, Angaben in Prozent

Wichtig bleibt die Tatsache, dass das wirtschaftliche Wachstumstempo von Belarus für das Jahr 2014 (101,6%) hinter dem Wachstumstempo der Weltwirtschaft (103,3%) zurückbleibt. Daraus lässt sich der Rückschluss ableiten, dass eine ungünstige wirtschaftliche Umgebung keinen ausreichenden Grund für die Verringerung des wirtschaftlichen Wachstumstempos darstellt.

Außerdem stellt die Erhöhung der Lagerbestände von Fertigwaren ein großes Problem für die Industrie des Landes dar. Sie wird bereits seit 2010 beobachtet. Wie aus Abbildung 3.6 ersichtlich ist, erfolgte eine rasche Steigerung der Lagerbestände im Produktionsumfang zwischen 2010 und 2015. Während deren Verhältnis zum monatsdurchschnittlichen Industrieproduktionsumfang 2010 nur noch 49,5% betrug, so stieg dieser Kennwert bereits im Januar 2015 auf 86,1%. Im betrachteten Zeitabschnitt erreichten die Lagerbestände ihren Höchstumfang und überstiegen das Vorjahrsniveau um 10,3%.

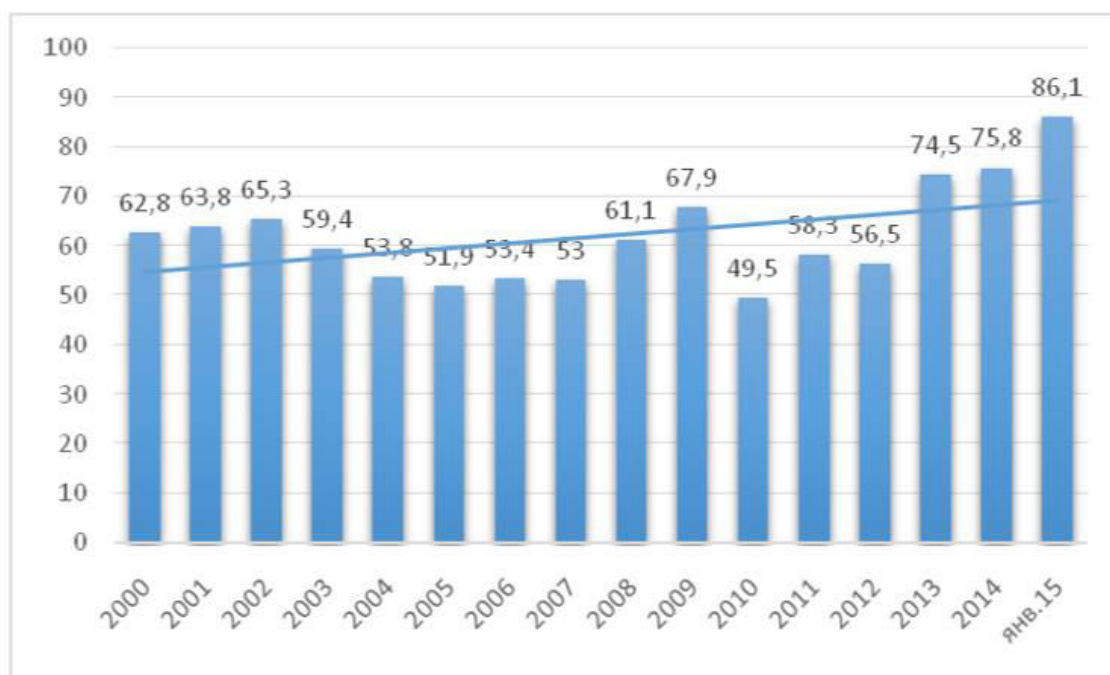


Abbildung 3.6: Verhältnis der Lagerbestände an fertiger Produktion zum Monatsdurchschnittsvolumen der Industrieproduktion in Belarus in Prozent

Dabei ist der größte Anstieg von Lagerbeständen im Geschäftsbereich Holzverarbeitung und Herstellung von Holzerzeugnissen vorzufinden, hierbei machen den größten Teil der Bestände Faserholzplatten aus (1 020%). Die weiteren Spitzenpositionen dieser Liste belegen Güterwaggons (371,6%), Brennstoffbriketts (318,2%) und Busse (274,2%).

Beim Vergleich der Abbildungen 3.5 und 3.6 können wir feststellen, dass die Erhöhung der Lagerbestände mit gleichzeitiger Reduzierung des Produktionsumfangs zusammenhängt, was von ihrer Ineffizienz zeugt. Das spricht für die Notwendigkeit einer umfangreichen Umgestaltung der Unternehmensfunktion, Beachtung der Marketingaspekte sowie für den Einsatz automatisierter ERP-Systeme.

Eine weitere alarmierende Tendenz ist die Verschlechterung der finanziellen Lage von Industrieunternehmen. So betrug der Anteil von Verlustbetrieben unter allen Industrieunternehmen im Jahre 2014 26,5%. Es lässt sich sagen, dass dieser Wert seit 2011 kontinuierlich steigt. Der Nettoschaden von Industrieunternehmen für das Jahr 2014 belief sich auf 13.065.963 Millionen Rubel, was 2,2-mal höher ist, als noch im Jahre 2013 (Abbildung 3.7).

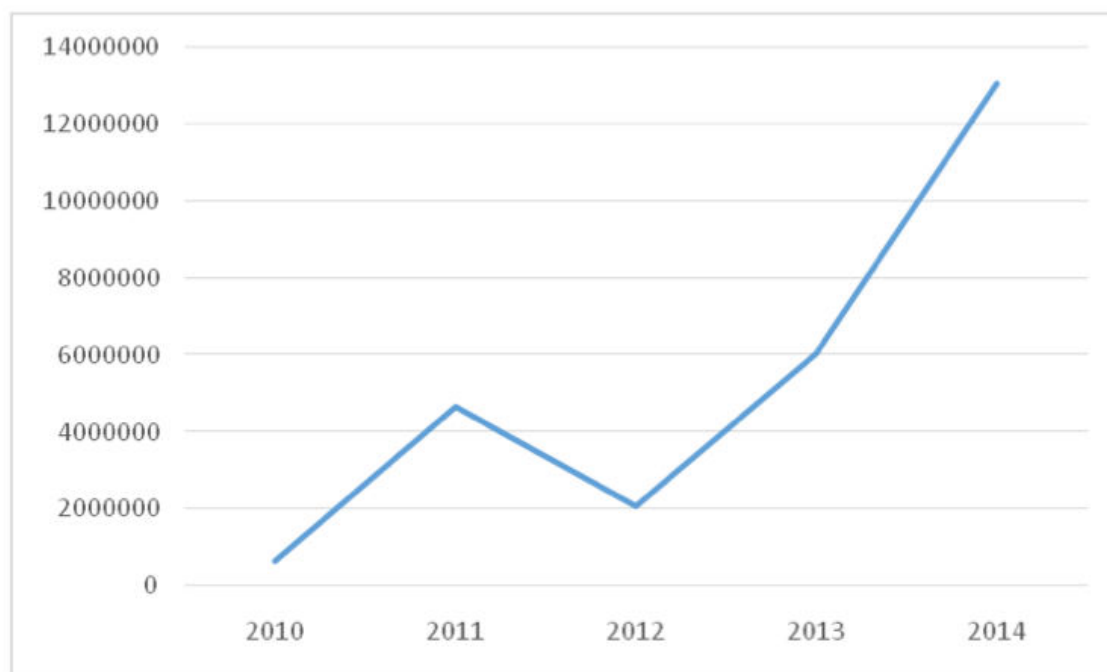


Abbildung 3.7: Nettoverlust von belarussischen Industriebetrieben im Zeitraum von 2010 bis 2014, in Millionen Rubel

Die Wirtschaftsbereiche, die die größten Verluste zu beklagen haben, sind Herstellung von Maschinen und Ausrüstung (25,2%), Lebensmittelherstellung (19,8%), Fahrzeugbau (14,8%) sowie Herstellung sonstiger Nichtmetallerzeugnisse (11,2%), bei denen die Anzahl von Verlustbetrieben 76, 86, 24 bzw. 49 beträgt. 2014 verminderte sich die Anzahl von Gewinnunternehmen im Vergleich zum Vorjahr um 14,9%. Es ist zu erwähnen, dass diese Tendenz bereits seit 2011 besteht, damals ging die Anzahl von Gewinnunternehmen verglichen mit 2010 um 1,79% zurück. Die Unrentabilität der Betriebe steht in engem Zusammenhang mit dem Problem der Produktionsüberfüllung. Das wird aus dem Vergleich der Abbildungen 3.6 und 3.7 ersichtlich. So entspricht die Erhöhung der Anzahl von Verlustunternehmen 2011, 2013 und 2014 der steigenden Überfüllung von Lagern der Unternehmen mit Waren während der gleichen Zeitabschnitte.

Durch die Verschlechterung der finanziellen Lage von belarussischen Unternehmen steigen ihre offenen Forderungen. So betrugen sie 2015 218.745.630 Millionen Rubel, was einer Erhöhung von 12% gegenüber dem Vorjahr entspricht. Im Vergleich zu 2011 stieg der Umfang der Forderungen um das Vierfache. Der Anteil überfälliger Forderungen im Gesamtumfang der Forderungen machte 2015 18,5% aus. 43,5% der Forderungen entfallen auf Industrieunternehmen. Die größten Anteile davon kommen auf die Wirtschaftsbereiche Lebensmittelherstellung (29%), Herstellung von Maschinen und Ausrüstung (21%) sowie chemische Produktion (10%). Diese Branchen weisen we-



sentliche Anteile überfälliger Forderungen von Industrieunternehmen auf, die 28%, 20% bzw. 10% betragen.

Die größte Auswirkung dieses Problems auf belarussische Unternehmen besteht im Abzug von Mitteln, die Forderungen ausmachen, aus dem Wirtschaftskreislauf. Bei Unternehmen kann das Risiko des Einfrierens von Aktiva entstehen. Das alles würde die Umschlagszeit des investierten Kapitals in laufende Aktiva verlängern und somit den finanziellen Zustand noch gravierender machen.

Außerdem gehört zu den wichtigen Faktoren, die den Export des Landes bestimmen, die Tatsache, dass wichtigste Rollen in der Exportstruktur vier Waren angehören, die über 53% des Exportes ausmachen. Dazu gehören Warengruppen wie Mineralbrennstoff, Erdöl und deren Verarbeitungsprodukte (33,49%), Holz und Holzzeugnisse, Holzkohle (8,46%), Landverkehr- bzw. Bahngleise, deren Teile und Zubehör (6,87%), sowie Kernreaktoren, Kessel, Anlagen und mechanische Geräte, deren Teile (4,61%). Dabei wird 59% des belarussischen Exportes in drei Länder, nämlich Russland (38,75%), Vereinigtes Königreich (11,17%) und die Ukraine (9,46%) geliefert. Das alles setzt den belarussischen Export in Abhängigkeit zu den genannten Warengruppen und Handelspartnern, was von der Empfindlichkeit des belarussischen Exportes zeugt.

Die erwähnten Negativerscheinungen in der Industrie von Belarus bewirken in wesentlichem Maße die Wettbewerbsfähigkeit der lokalen Unternehmen, wodurch sie gehindert werden, sich an globalen Wertschöpfungsketten zu beteiligen. Eine effektive Lösung dieses Problems könnte der Einsatz von Industrie 4.0 werden, was in den nächsten Abschnitten dieses Kapitels näher betrachtet wird.

### **3.1 Einschätzung der Beteiligung belarussischer Unternehmen an globalen Wertschöpfungsketten sowie Integrationswege durch „Industrie 4.0“**

Für die Einschätzung der Beteiligung von belarussischen Industriebranchen an globalen Wertschöpfungsnetzen wurden Berechnungen nach den Formeln (1.7) und (1.8) vorgenommen. Im Ergebnis ergaben sich Werte, die Aufschluss über den Anteil von Importprodukten am Export des Landes sowie den Anteil des belarussischen Exports am Export anderer Länder geben. Des Weiteren wurden aufgrund dieser Daten Beteiligungskennwerte sowie Positionen der Industriebranchen von Belarus in globalen Wertschöpfungsnetzen (Formeln (1.9)-(1.10)) berechnet. Die Berechnungen erfolgten aufgrund der aktuell verfügbaren Version der Input-Output-Tabellensysteme der Re-

publik Belarus (2013), der Exportstatistika von Belarus, verfügbar auf der EEC-Webseite, sowie der OECD-Tabellensysteme.

Aufgrund der erfolgten Auswertung lässt sich sagen, dass der Importintensitätsindex der meisten belarussischen Branchen zwischen 0,2 und 0,6 beträgt. Branchen, die besonders viel Importteile für die Herstellung von Exportprodukten einsetzen, sind Koks-, Erdölprodukt- und Kernmaterialherstellung (0,76), Herstellung von Fahrzeugen und Zubehör (0,5), Gummi- und Kunststoffwarenproduktion (0,46), Zellstoff- und Papierindustrie; Verlagswesen (0,45), Metallproduktion und Herstellung von fertigen Metallserzeugnissen (0,44) sowie Herstellung der elektrischen, elektronischen und optischen Geräte (0,44). Bereiche mit der kleinsten Importintensität sind Brennstoffressourcengewinnung (0,12), Holzverarbeitung und Herstellung von Holzserzeugnissen (0,22) und Gewinnung mineralischer Rohstoffe außer Brennstoffe (0,23). Bei der Indexberechnung der Ausnutzung belarussischer Produkte unterschiedlicher Wirtschaftsbereiche ergaben sich die Werte zwischen 0,21 und 0,22 (Tabelle I.1).

Industriezweige mit der größten Einbeziehung in globale Wertschöpfungsnetze sind Koks-, Erdölprodukt- und Kernmaterialherstellung (0,97) sowie Herstellung von Fahrzeugen und Zubehör (0,73). Am wenigsten integriert sind Brennstoffressourcengewinnung (0,33), Holzverarbeitung und Herstellung von Holzserzeugnissen (0,44) sowie Gewinnung mineralischer Rohstoffe außer Brennstoffe (0,46).

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass nahezu alle Industriebranchen von Belarus in „absteigende“ Prozesse einbezogen sind. In diesen Wirtschaftsbereichen werden bei der Herstellung von Exportwaren viele importierte Zwischenwaren eingesetzt. Eine Ausnahme bildet nur noch Brennstoffressourcengewinnung. Diese Branche beteiligt sich im größeren Maße an „aufsteigenden“ Prozessen mit einem höheren Anteil von Zwischenprodukten am Export, die von Importländern bei der Produktion ihrer eigenen Exportwaren eingesetzt werden (Tabelle 3.1).

Branche	GVC_Participation	GVC_Position
Förderung fossiler Rohstoffe zur Energiegewinnung	0,33	0,08
Förderung anderer Rohstoffe als fossile Rohstoffe	0,46	-0,01
Nahrungsmittelherstellung, inklusive Getränken und Tabak	0,50	-0,03
Textil- und Bekleidungsindustrie	0,59	-0,11
Herstellung von Leder und Lederwaren sowie Schuhen	0,53	-0,06
Holzverarbeitung sowie Produktion von Holzprodukten	0,44	0,00
Zellstoff- und Papierindustrie. Verlagswesen	0,68	-0,17
Produktion von Koks, Ölprodukten und Kernmaterialien	0,97	-0,37
Chemische Industrie	0,56	-0,10
Produktion von Kunststoff- und Gummierzeugnissen	0,68	-0,17
Erzeugung von weiteren, nicht metallischen Produkten	0,53	-0,06
Metallurgische Produktion sowie Erzeugung von metallischen Endprodukten	0,66	-0,16
Herstellung von Maschinen und Anlagen	0,64	-0,14
Herstellung von elektrischen, elektronischen und optischen Geräten	0,67	-0,16
Herstellung von Transportmitteln sowie dazugehöriger Ausrüstung	0,73	-0,20
Andere Produktionsbranchen	0,51	-0,05

*Tabelle 3.1: Kennziffern über Teilnahme und Position belarussischer Unternehmen verschiedener Branchen der Industrie in globalen Wertschöpfungsketten*

Somit zeichnen sich die meisten Wirtschaftsbereiche von Belarus durch eine ziemlich hohe Importintensität aus. Viele Wirtschaftsforscher betrachten dies als eine Negativerscheinung und begründen ihre Meinung damit, dass die hohe Importintensität eine steigende Importhandelsspanne von Belarus verursache. Jedoch stellt laut Ergebnissen der dargestellten Auswertung nicht so sehr die Importintensität eine besondere Gefahr dar, sondern ihre Kombination mit mangelnder Produktionseffizienz innerhalb des Landes, denn das Problem der Importhandelsspanne löst sich bei der Exportsteigerung seitens der belarussischen Unternehmen. Solch eine Situation im Lande gefährdet die Funktionsfähigkeit der Nationalwirtschaft, was durch eine weitere Verschlechterung der Bedingungen für die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit nationaler Unternehmen verursacht wird. Dies senkt deren Chancen, in globale Wertschöpfungsketten aufgenommen zu werden, deren Anforderungen in der Wettbewerbsfähigkeit unter Globalisierung bestehen.

Der Einsatz der Technologien von Industrie 4.0 könnte dazu beitragen, dass die analysierten Probleme gelöst werden, indem Möglichkeiten für die Aufnahme belarussischer Unternehmen in globale Wertschöpfungsketten geschaffen werden.

Beim Koordinationsszenario von Industrie 4.0 erhalten die Unternehmen die Möglichkeit zur Selbstkostensenkung dank den günstigeren Lieferbedingungen für Zwischenprodukte. Im konkreten Fall bedeutet das, dass belarussische Zulieferer von Zwischenprodukten, die Industrie 4.0-Grundsätze implementiert haben, mit großen Erstausrüstern vernetzt werden, die bereits über diese Technologien verfügen. Dabei bekommen lokale Unternehmen Zugang zu anderen Lieferanten der Großunternehmen sowie zu den Lieferanten jener Lieferanten. Anders gesagt, im Falle einer umfangreichen Verbreitung des Konzepts und dessen erfolgreicher Umsetzung in Belarus erhalten belarussische Unternehmen die Chancen, neue ausländische Geschäftspartner zu finden sowie neue ausländische Märkte zu erschließen. Durch die Auswertung aller Zulieferer und Lieferbedingungen wählt das System die günstigste Kooperationsvariante aus. Und dass Unternehmen eine kompatible Technologienbasis von Industrie 4.0 einsetzen reduziert wesentlich den Zeitaufwand für solche Formalitäten wie Vereinbarung von Unterlagen, Zollformalitäten, Berücksichtigung von Zollschränken usw.

Für eine erfolgreiche Funktion belarussischer Unternehmen in solchen Netzen wird eine entsprechende Qualitätssicherung der gefertigten Produkte benötigt, deren Verbesserung u.a. durch den Einsatz der Industrie 4.0-Technologien stattfinden könnte. So können cyber-physische Systeme die Ausschussmenge reduzieren sowie die Genauigkeit der Arbeiten um ein Vielfaches erhöhen. Dabei werden die Qualitätsstandards automatisch vereinbart, z.B. werden bereits bei der Entwicklung des Produkts internationale Qualitätsnormen und deren Vereinheitlichung berücksichtigt, wodurch Hindernisse beim Warenexport in Länder mit abweichenden Qualitätsstandards vermieden werden.

Was den Absatz anbetrifft, verlaufen diese Prozesse viel einfacher dank der Industrie 4.0-Technologien, was für Belarus besonders aktuell ist, da viele lokale Unternehmen Probleme mit übermäßigen Warenvorräten haben. Der Einsatz dieser Technologien ermöglicht es, die Produktindividualisierung zu erhöhen, sodass Produkte noch kundenorientierter werden. Die Marketingeffizienz erhöht sich dank des Einsatzes der BigData-Techniken, die eine große Hilfe für Unternehmen leisten. Sie können alle Arten von Texten und Dokumenten auswerten, wichtigste Daten (Personen, Organisationen, geographische Namen, geopolitische Entitäten) aussondern sowie mit ihnen zusammenhängende Handlungen, Datum und Ort von deren Abwicklung bestimmen.

Was die quantitative Einschätzung der Einsatzvorteile von Industrie 4.0 angeht, so wird laut der Studie "Industrie 4.0 - Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland" der

größte Nutzen in Wirtschaftsbereichen wie chemische Industrie (+30%), Maschinen- und Anlagenherstellung (+30%), sowie Herstellung von Fahrzeugen und Zubehör (+20%) erwartet. Das Ausmaß positiver Effekte in anderen Geschäftsbereichen beläuft sich auf 12%. Gemäß der bestehenden Situation im Bereich der Wertschöpfung bei unterschiedlichen Industriebranchen ist ihr maximaler Zuwachs innerhalb von 12 Jahren in der chemischen Produktion (+6.303.097,2 Mio. Rubel), Maschinen- und Anlagenherstellung (+5.724.209,7 Mio. Rubel), sowie Lebensmittelherstellung (+3.993.285,12 Mio. Rubel) zu erwarten (Tabelle 3.2).

Industriezweig	Wertschöpfung im Jahre 2013 in Mio. Rubel	Potential durch Nutzung von „Industrie 4.0“ über 12 Jahre	Zusätzliches Potential in Mio. Rubel
Bergbauindustrie	6 372 500	12,00%	764 700,00
Nahrungsmittelherstellung, inklusive Getränken und Tabak	33 277 376	12,00%	3 993 285,12
Textil- und Bekleidungsindustrie	8 534 787	12,00%	1 024 174,44
Herstellung von Leder und Lederwaren sowie Schuhen	1 833 669	12,00%	220 040,28
Holzverarbeitung sowie Produktion von Holzprodukten	3 969 353	12,00%	476 322,36
Zellstoff- und Papierindustrie. Verlagswesen	3 187 333	12,00%	382 479,96
Produktion von Koks, Ölprodukten und Kernmaterialien	7 498 785	12,00%	899 854,20
Chemische Industrie	21 010 324	30,00%	6 303 097,20
Produktion von Kunststoff- und Gummierzeugnissen	7 782 276	12,00%	933 873,12
Erzeugung von weiteren, nicht metallischen Produkten	13 106 377	12,00%	1 572 765,24
Metallurgische Produktion sowie Erzeugung von metallischen Endprodukten	10 077 126	12,00%	1 209 255,12
Herstellung von Maschinen und Anlagen	19 080 699	30,00%	5 724 209,70
Herstellung von elektrischen, elektronischen und optischen Geräten	7 881 015	12,00%	945 721,80
Herstellung von Transportmitteln sowie dazugehöriger Ausrüstung	6 645 720	20,00%	1 329 144,00
Andere Produktionsbranchen	5 949 155	12,00%	713 898,60

Tabelle 3.2: Zusätzliche Wertschöpfung durch Umsetzung von „Industrie 4.0“ durch belarussische Unternehmen

Es lässt sich sagen, dass die gesamte Wertschöpfung aller Industriebranchen 26.492.821,14 Mio. Rubel ausmacht, was nahezu dem Nettogewinnbetrag entspricht und den Nettoverlust von Industrieunternehmen für das Jahr 2014 um das zweifache übersteigt.

Aufgrund der Studie "Industrie 4.0 – Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland" über Potentiale im Zusammenhang mit der Implementierung von Industrie 4.0 sowie der Angaben zur Wertschöpfung belarussischer Industrieunter-

nehmen wurde eine Berechnung der Wertschöpfung als Ergebnis von Vernetzungseffekten bei unterschiedlichen Szenarien aus Kapitel 1 vorgenommen.

So ist unter Koordinationsszenario, d.h. bei vollständiger Vernetzung der Zulieferer um ein Großunternehmen herum unter Verwendung von Industrie 4.0-Technologien, die größte Wertschöpfung im Bereich chemischer Produktion durch Großunternehmen (2.521.238,88 Mio. Rubel) zu erwarten. Für mittelständische Unternehmen beträgt dieser Wert 2.521.238,88 Mio. Rubel, für Kleinunternehmen sind es 2.101.032,40 Mio. Rubel (Tabelle 3.3). Insgesamt übersteigt die zusätzliche Wertschöpfung das 18-fache ihres Nettogewinns für das Jahr 2014.

Industriezweig	Szenario	Zusätzliche Wertschöpfung in Mio. Rubel		
		Große Unternehmen	Mittlere Unternehmen	Kleine Unternehmen
Chemische Industrie	Ex-ante	1 680 825,92	840 412,96	840 412,96
	Ex-post	1 680 825,92	2 521 238,88	1 260 619,44
	Koordination	2 521 238,88	2 521 238,88	2 101 032,40
Produktion von Automobilen sowie Ersatzteilen und Zubehör	Ex-ante	1 526 455,92	763 227,96	763 227,96
	Ex-post	1 526 455,92	2 289 683,88	1 144 841,94
	Koordination	2 289 683,88	2 289 683,88	1 908 069,90
Nahrungsmittelherstellung	Ex-ante	1 064 876,03	532 438,02	532 438,02
	Ex-post	1 064 876,03	1 597 314,05	798 657,02
	Koordination	1 597 314,05	1 597 314,05	1 331 095,04

*Tabelle 3.3: Zusätzliche Wertschöpfung für belarussische Unternehmen als Ergebnis von Vernetzungseffekten in Abhängigkeit von Unternehmensgröße und Szenarios von „Industrie 4.0“*

Anhand der Tabellendaten 3.2, 3.3 sowie der Beteiligungsindexe an globalen Wertschöpfungsnetzen für Unternehmen unterschiedlicher Wirtschaftsbereiche lassen sich die Abhängigkeitsrate möglicher Potentiale der Industrie 4.0 vom Einsatz dieser Technologien durch die wichtigsten Handelspartner des Landes berechnen. Dazu gehören Russland und EU-Länder, deren Anteil über 73% des Warenumsatzes von Belarus beträgt.

So wird unter der aktuellen Einbeziehung belarussischer Industriebranchen in globale Wertschöpfungsketten die größte Abhängigkeitsrate der Potentiale vom Einsatz der Industrie 4.0 in Handelspartnern in Bereichen wie chemische Produktion (34,15%), Maschinen- und Anlagenherstellung (21,1%) sowie Lebensmittelindustrie (10,26%) (Tabelle J.1) beobachtet.

## 3.2 Perspektiven des Einsatzes der Konzeption „Industrie 4.0“ in Belarus

Wie bereits oben erwähnt wurde, bringt der Einsatz des Konzepts Industrie 4.0 einige Risiken mit sich. Hier ist Belarus auch keine Ausnahme.

Die wichtigsten Hindernisse hängen mit hohem Anschaffungspreis der in der Konzeption Industrie 4.0 verwendeten Technologien zusammen. So entstehen die größten Ausgaben in Branchen wie chemische Industrie, Maschinen- und Anlagenbau sowie Lebensmittelherstellung (Tabelle 3.4).

Industriezweig	Szenario	Zusätzliche Wertschöpfung in Mio. Rubel		
		Große Unternehmen	Mittlere Unternehmen	Kleine Unternehmen
Chemische Industrie	Ex-ante	1 260 619,44	2 016 991,10	1 008 495,55
	Ex-post	1 260 619,44	2 016 991,10	1 008 495,55
	Koordination	1 260 619,44	1 008 495,55	1 008 495,55
Produktion von Automobilen sowie Ersatzteilen und Zubehör	Ex-ante	1 144 841,94	1 831 747,10	915 873,55
	Ex-post	1 144 841,94	1 831 747,10	915 873,55
	Koordination	1 144 841,94	915 873,55	915 873,55
Nahrungsmittelherstellung	Ex-ante	798 657,02	1 277 851,24	638 925,62
	Ex-post	798 657,02	1 277 851,24	638 925,62
	Koordination	798 657,02	638 925,62	638 925,62

*Tabelle 3.4: Entstehende Kosten für belarussische Unternehmen, die in Verbindung mit Einführung und Umsetzung von „Industrie 4.0“ entständen, in Mio. Rubel*

Zur übersichtlichen Darstellung des erforderlichen Investitionsumfangs im Ex-ante-Szenario, d.h. der Anfangsstufe von Industrie 4.0 bei unvollständigem Technologieeinsatz sowie einseitiger Unternehmensvernetzung, werden die voraussichtlichen Kosten der chemischen Betriebe 50% von deren Nettogewinn für das Jahr 2014 betragen, bei Lebensmittelfabriken werden sie sich auf 58,5% belaufen und bei Maschinenbaubetrieben auf 344,5%.

Noch ein Hindernis auf dem Wege zur Industrie 4.0 in Belarus ist die Tatsache, dass die Anwendung von Produktionstechnologien der nächsten Generation sich erst im Anfangsstadium befindet. Wie aus Abbildung 3.8 ersichtlich wird, beträgt der Anteil von High-Tech-Produktionen bei belarussischen Unternehmen nur 1,9%. Es lässt sich sagen, dass dieser Kennwert in Belarus einen Abwärtstrend bei gleichzeitiger Erhöhung des Anteils von Low-Tech-Unternehmen aufweist. Das spricht dafür, dass diese Produktionsweise für belarussische Unternehmen „Neuland“ darstellt, was im großen Maße durch eine schwere finanzielle Lage von Industrieunternehmen sowie gewisses

Misstrauen in Bezug auf neue Technologien wegen ihrer Seltenheit in der lokalen Produktion erklärt wird.

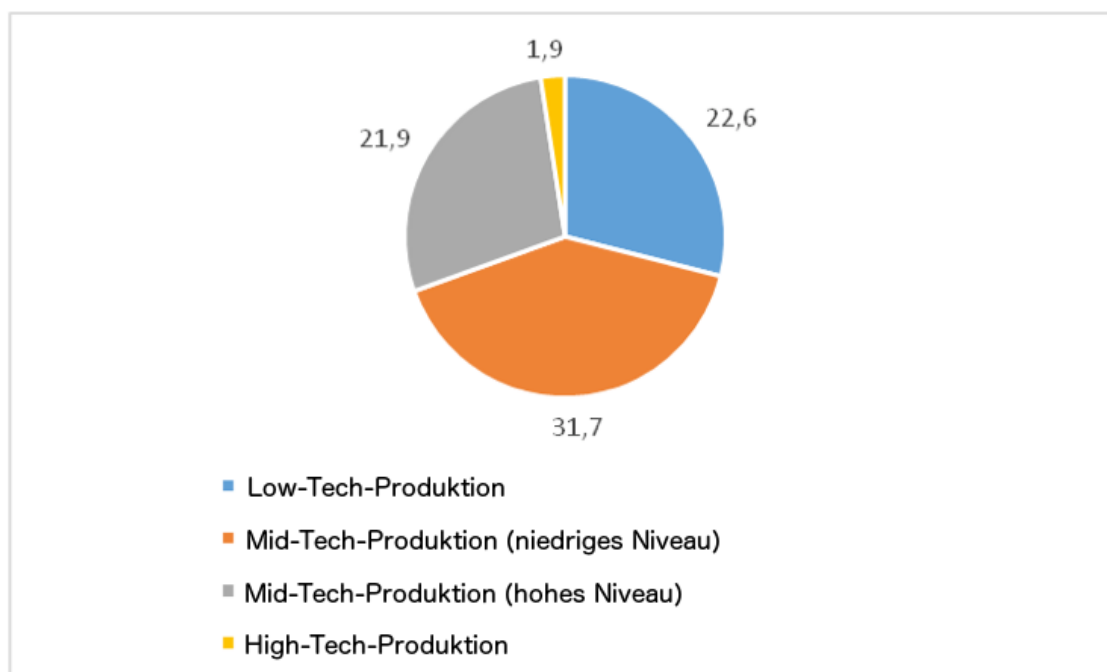


Abbildung 3.8: Struktur der Industrieproduktion nach technologischem Niveau im Jahre 2014, Angaben in Prozent

Mit Rücksicht sowohl auf diese Tatsache, als auch auf den hohen Anschaffungspreis notwendiger Technologien ist es kaum wahrscheinlich, dass belarussische Unternehmen Umsetzungskosten von Industrie 4.0 übernehmen können. Für sie würde das eine vollständige Modernisierung der Produktion bedeuten. Doch trotz logischer Ausführungen von Fachleuten bezüglich entstehender Profite sind sie dazu noch nicht bereit.

Für den Einsatz des Konzepts Industrie 4.0 in Belarus mangelt es an einer der Voraussetzungen, nämlich einem hohen Nutzungsgrad von Informations- und Kommunikationstechniken durch Unternehmen. So beträgt der prozentuale Anteil von Unternehmen, die das Internet für die Abwicklung von Waren- und Dienstleistungsaufträgen benutzen, lediglich 56,4%. Der Anteil von Organisationen mit integrierten Systemen des elektronischen Datenverkehrs beläuft sich auf 21,1%. Es lässt sich sagen, dass sich diese Prozesse in Belarus ziemlich langsam entfalten: so beträgt der durchschnittliche Jahreszuwachs dieser Kennwerte nur 2 bis 3%. Was BigData-Techniken angeht, werden sie von lokalen Unternehmen noch nicht eingesetzt und „nach Urväterart“ geplant. Obwohl sich IT-Unternehmen mit ihrer Entwicklung befassen, sind die Bezieher jedoch überwiegend Unternehmen aus der EU sowie Nordamerika.



Außerdem ist die Umsetzung von Industrie 4.0 in Belarus kaum möglich, da es beispielsweise an solchen Infrastrukturbestandteilen wie einer Rechtsgrundlage sowie entsprechende Systeme, die Datensicherheit garantieren, mangelt. Es werden darüber hinaus im Lande keine Anlagen hergestellt, die auf der Grundlage von Internet der Dinge und cyber-physischen Systemen betrieben werden.

Alle genannten Faktoren sprechen dafür, dass belarussische Unternehmen heutzutage nicht bereit sind, die Konzeption Industrie 4.0 zu integrieren.

Ungeachtet der erwähnten negativen Aspekte sowie der fehlenden Verbreitung von Industrie 4.0 in Belarus befindet sich das Land bereits auf dem Weg der Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechniken, was an und für sich Voraussetzungen für die notwendige Infrastruktur für Industrie 4.0 schafft. Ein wichtiger Schritt in dieser Richtung ist die Unterzeichnung des Erlasses Nr. 46 des Präsidenten vom 23. Januar 2014 mit der Bezeichnung „Nutzung von Telekommunikationstechnologien durch staatliche Einrichtungen und sonstige staatliche Organisationen“. Gemäß diesem Erlass wird in Belarus eine Plattform nach der Cloud-Computing-Technologie für die Platzierung von softwaretechnischen Mitteln, Informationsressourcen und –systemen staatlicher Einrichtungen und sonstigen staatlichen Organisationen entwickelt. Laut Erlass muss bis zum 31. Dezember 2018 zur Nutzung der Plattformressourcen übergegangen werden. Der Erlass setzt auch Standardisierungsmaßnahmen der elektronischen Signatur voraus: so wird die Errichtung eines Zentrums staatlichen Verwaltungssystems mit öffentlichen Signaturprüfchlüsseln geplant. Solche Neuerungen werden die Integration des elektronischen Dokumentenverkehrs in Belarus deutlich beschleunigen.

Es lässt sich sagen, dass Belarus 2014 den 55. Platz unter 193 Ländern der Welt im UNO-Ranking der Bereitschaft zur elektronischen Regierung eingenommen und somit das Ergebnis um sechs Positionen verglichen zu 2012 verbessert hat.

Außerdem verfügt Belarus über ein großes Human-Resources-Potential in diesem Bereich. So erlangten 2014 14.270 Absolventen den akademischen Grad im Fachbereich „Technik und Technologien“, was nahezu um 14% mehr ist als 2011. Es sind besonders aussichtsreiche Fachrichtungen im Rahmen der Industrie 4.0 zu nennen: die Absolventenanzahl im Fachbereich „Automatisierung technologischer Verfahren, Produktion und Management“ 2014 betrug 1.547 und stieg innerhalb dieser drei Jahre um 28%.

Für eine weitere Verbreitung von Industrie 4.0 sollte das Augenmerk auf die neue Fachrichtung "Intelligente Systeme" gerichtet werden, bei der die Absolventenanzahl

für das Jahr 2014 nur noch 48 Personen betrug, was jedoch um 10 Personen mehr ist als 2011.

Es sollte auch betont werden, dass sich der Bereich Informations- und Kommunikationstechniken sehr rasch entwickelt. 2014 gab es 4.477 Unternehmen in dieser Branche, was das Vorjahrniveau um 6% übersteigt. Im Vergleich zu 2011 stieg ihre Anzahl um 25%.

Ein wichtiger Aspekt ist, dass Belarus auf dieser Stufe große Chancen hat, sich an der Industrie 4.0 als Zulieferer von Infrastrukturbestandteilen zu beteiligen. Heutzutage verfügt Belarus über eine gut entwickelte IT-Branche. In diesem Zusammenhang könnten die Unternehmen dieses Wirtschaftsbereichs die Nische der Softwareentwicklung für Produktionsprozesse von Industrieunternehmen einnehmen.

Diese Fachrichtung existiert in Belarus bereits seit 1998, jedoch ist der Zeitpunkt, in dem die Entwicklung der nationalen IT-Branche startete, das Jahr 2005, als die gesetzliche Grundlage für den Betrieb des High-Tech-Parks geschaffen wurde. Heute gehören dazu 152 Gesellschaften, die IT-Dienste für Kunden aus über 55 Ländern der Welt leisten. Der Export von Dienstleistungen durch die Firmen des High-Tech-Parks betrug 2014 588.056,10 US-Dollar, was das Niveau von 2011 um das 2,7-fache übersteigt.

Vom hohen Entwicklungsstand dieser Branche zeugt die Tatsache, dass im Software-500-Ranking 2015 zehn belarussische Unternehmen unter den größten Lieferanten von Informationsdiensten und Softwareentwicklern zu finden waren. Die höchste Position in dieser Rangliste unter den belarussischen Firmen hatte HIS (Platz 64).

Für gute Zukunftsaussichten dieses Wirtschaftsbereichs spricht auch die Erklärung der Vertreter von SAP, des größten Softwarelieferanten für Industrie 4.0-Organisationen, die mitteilten, bereits jetzt ein großes Potential unseres Landes in diesem Bereich sehen. Im Rahmen des Informationsforums im High-Tech-Park 2016 betonten die Vertreter der Firma, dass heutzutage junge belarussische Firmen, die sich mit Softwareanwendungen befassen, am attraktivsten für SAP sind. Die Fachleute erklärten ihre Vorhaben, Geschäftspartner in Belarus für gemeinsame Entwicklung von Anwendungen auf SAP-Plattform zu finden. Außerdem begann SAP die Zusammenarbeit mit belarussischen Hochschulen wie BSEU, BSU, BSUIR im Rahmen des Programms SAP University Alliance, das hunderte von Hochschulen weltweit umfasst. Im Rahmen dieses Programmes gewährt SAP den Universitäten Zugang zu ihren Lösungen und leistet methodologische Unterstützung in Form von einer Vorlesungsreihe und Videomaterialien für Lektoren. Im Ergebnis erhalten Studenten praktisches Wissen im Bereich Verwaltung von Business-Prozessen auf der Grundlage von ERP-Systemen. Das ist ein wichtiger Schritt in der Vorbereitung von Fachkräften der Zukunft.

Mit Rücksicht auf diese Potentiale müsste genau der Staat die Hauptrolle bei der Schaffung notwendiger Voraussetzungen übernehmen, damit das Konzept Industrie 4.0 unter den belarussischen Unternehmen integriert werden könnte. Als erstes sollte eine Spezialplattform für Fachaustausch und Zusammenarbeit von Unternehmen, Universitäten und Forschungsinstituten organisiert werden. Eine wesentliche Bedeutung hat der Know-How-Schutz auf nationaler und internationaler Ebene sowie Errichtung und Bürokratieabbau bei den Programmen der Forschungsförderung in diesem Bereich. Außerdem müsste die Betreuung der Neuentwicklungen mittels Standardisierung, Berücksichtigung neuer Anforderungen in Fragen der Personalqualifikation sowie Schaffung allgemeingültiger rechtlicher Rahmenbedingungen, die Fragen wie Datenschutz, Umgang mit vertraulichen Informationen sowie Heranziehung zur Verantwortung in den Aufgabenbereich der Regierung eingeschlossen werden.

Besonderes Augenmerk sollte auf Personalvorbereitung und Modernisierung der Bildungsprogramme gerichtet werden, denn die Industrie hat Bedarf an qualifizierten Mitarbeitern, die diese komplexen Prozesse über Software steuern können. Sie müssen nicht nur Technologien einsetzen, sondern auch Handlungsrichtungen vorgeben sowie weitere Technologienentwicklung betreuen können.

Es sollte auch die wichtige Rolle von IT-Unternehmen hervorgehoben werden, zu deren Aufgaben die Schaffung einer umfangreichen und sicheren Infrastruktur sowie Entwicklung leistungsfähiger Informationsschutzsysteme für die Sicherung großer Dateneinheiten gehören werden.

Da belarussische Unternehmen keine Ausrüstung der Generation Industrie 4.0 auf Basis des Internets der Dinge besitzen, müsste der Staat deren Herstellung einleiten. Eine zwingende Voraussetzung für dies ist die Schaffung attraktiver Bedingungen für die Kooperation zwischen Maschinenbau-, Sensortechnik- sowie IT-Unternehmen.

Bei der Standarderarbeitung sollte beachtet werden, dass sie auf lange Sicht ausgelegt sein müssen, um Investitionsschutz zu gewähren, denn genau sie bilden die Grundlage für den Einsatz neuer Technologien. Es wäre zweckmäßig, eine Kooperation mit europäischen Ländern, die Vorsprung in Industrie 4.0-Technologien haben, sowie mit den wichtigsten Handelspartnern von Belarus zu knüpfen. Ein Musterbeispiel ist hier China, das am 14. Juli 2015 einen Kooperationsvertrag im Bereich Industrie 4.0 mit Deutschland unterzeichnet hat.

### **3.3 Zusammenfassung des dritten Kapitels**

Die Industrie nimmt einen bedeutenden Platz in der BIP-Struktur von Belarus ein. Zum heutigen Zeitpunkt erleben ihre Branchen eine Reihe von Negativerscheinungen, zu denen Wachstumsabschwächung und Rückgang der Industriebeteiligung am BIP, Anhäufung von Lagerbeständen, steigende Anzahl mit Verlust arbeitender Unternehmen sowie deren Nettoschadens, Verringerung der Anzahl rentabler Unternehmen, Schuldenzuwachs sowie warenmäßige und geographische Exportkonzentration zählen. Nahezu alle Industriezweige von Belarus sind größtenteils in „absteigende“ Prozesse globaler Wertschöpfungsketten einbezogen. Das bedeutet, dass sie einen hohen Importanteil haben. Eine Gefahr für die Wirtschaft stellt jedoch nicht die eigentliche Importintensität dar, sondern ihre Kombination mit niedriger Produktionseffizienz im Lande. Solch eine Situation macht die Bedingungen für die Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit belarussischer Unternehmen noch gravierender, was, seinerseits, die Chancen der Integration in globale Wertschöpfungsketten weiter senkt. Eine mögliche Verbesserung könnte durch die Umsetzung der Konzeption Industrie 4.0 erreicht werden.

Die Einbeziehung der Unternehmen in globale Wertschöpfungsketten mithilfe dieses Konzepts erfolgt in folgende Richtungen: hohe Qualitätssicherung der hergestellten Produkte, zeitnahe Einhaltung internationaler Qualitätsstandards, Minimierung der Exporthindernisse, erhöhte Absatzeffizienz durch den Einsatz der Techniken intelligenter Datenauswertung und Produktindividualisierung sowie Sicherung des Zugangs zu neuen Lieferanten und Märkten über Vernetzungseffekte. Die größten Potentiale dank der Umsetzung von Industrie 4.0 können bei Unternehmen der chemischen Industrie, des Maschinenbaus und Lebensmittelindustrie entstehen. Das Ausmaß der Potentiale für diese Branchen hängt in vielem von der Einbeziehung in die Industrie 4.0 der Geschäftspartner aus Russland und den EU-Ländern ab.

Zu den wichtigsten Faktoren, die die Umsetzung von Industrie 4.0 bei belarussischen Unternehmen verhindern, gehören hohe Investitionskosten, Mangel an High-Tech-Produktionsanlagen sowie notwendigen Informationen zum Konzept bei den Unternehmen, Nichtbestehen einer Rechtsgrundlage sowie entsprechender Daten- und Produktionssicherheitssysteme auf der Basis des Internets der Dinge sowie cyberphysischer Systeme.

Ungeachtet der erwähnten negativen Aspekte verfügt das Land über das notwendige Potential für die Umsetzung von Industrie 4.0. In Belarus werden bedeutende Schritte für den Übergang zur elektronischen Regierung gemacht. Es verfügt über eine aufstrebende Branche der Informations- und Kommunikationstechnik sowie ein großes Human-Resources-Potential. Von großem Vorteil ist der hoch entwickelte IT-Bereich, wodurch das Land gute Chancen bekommt, sich als Lieferant von Infrastrukturbestandteilen an der Industrie 4.0 zu beteiligen.

Für die Umsetzung dieses Konzepts müsste der Staat die Rolle des Schöpfers notwendiger Voraussetzungen übernehmen. Zu den notwendigen Maßnahmen gehört die Errichtung von Spezialplattformen für Fachaustausch und Zusammenarbeit, Know-How-Schutz, Forschungsförderung über entsprechende Programme, Schaffung rechtlicher Rahmenbedingungen, Lösung der Standardisierungsfragen, Beachtung neuer Anforderungen an Personalqualifikation, Herstellung der Ausrüstung neuer Generation, sowie Kooperation mit anderen Ländern im Bereich Industrie 4.0.

## 4 Schlussfolgerung

Die Wertschöpfung ist eine Wirtschaftskategorie, die mit den Prozessen, der Entstehung, Ausbesserung, Überarbeitung und Einführung einer Ware in den Markt eng verbunden ist. In heutigen Bedingungen gewinnt die Beteiligung der Unternehmen an globalen Wertschöpfungsketten immer mehr an Bedeutung. Für die Einschätzung der Beteiligung des Landes und ihrer Branchen an globalen Wertschöpfungsnetzen wird eine Reihe von Kennwerten eingesetzt, deren Berechnung aufgrund der Aufendungen-Ausstoß-Tabellensysteme erfolgt. Die Einbeziehung des Landes in globale Wertschöpfungsketten sowie die Verbesserung seiner Positionen kann durch den Einsatz technischer Neuentwicklungen erreicht werden, die Wettbewerbsvorteile der Firmen unter Digitalisierung verstärken.

Das Konzept Industrie 4.0 stellt eine neue Organisations- und Verwaltungsstufe der gesamten Wertschöpfungskette dar und zeichnet sich durch das höchste Digitalisierungsausmaß von Produktionsprozessen aus. Der Einsatz der Industrie-4.0-Techniken hängt mit Entstehung zusätzlicher Wertschöpfung für Unternehmen aller Geschäftsbereiche zusammen. Dank den Vernetzungseffekten schwanken die entstehenden Potentiale abhängig von der Unternehmensgröße sowie deren Vernetzungsgrad auf der Basis der Industrie-4.0-Techniken.

Deutschland verfügt über eine ziemlich starke Industrie. Nach einer Reihe von Kennwerten nimmt es führende Positionen unter vielen Ländern der Welt ein. Die Industriezweige des Landes zeichnen sich durch einen hohen Einbeziehungsgrad in globale Wertschöpfungsketten sowie vorrangige Beteiligung an „aufsteigenden“ Prozessen aus. Eine besondere Rolle in diesem Aspekt spielt die Kooperation auf der EU-Ebene.

Die aktive Verbreitung der Konzeption Industrie 4.0 in Deutschland startete 2011. Der Einsatz dieser Konzeption schafft Bedingungen für die Stärkung der Positionen deutscher Unternehmen in globalen Wertschöpfungsketten sowie Einbeziehung der Firmen von Branchen, die Infrastrukturelemente der Industrie 4.0 herstellen. Was die Potentiale für die wichtigsten Industrieunternehmen anbetrifft, so kann die Umsetzung von Industrie 4.0 den Wertschöpfungszuwachs fördern. Insbesondere gilt das für Unternehmen der chemischen Industrie, Maschinenbau und Herstellung elektrischer und optischer Geräte. Dabei schwankt das Ausmaß von Potentialen mit Kostenüberdeckung abhängig vom Grad der Vernetzungseffekte. Der Maßstab positiver Effekte für deutsche Unternehmen hängt zu 37% von der Verbreitung des Konzepts Industrie 4.0 in EU-Ländern ab.

Zum heutigen Zeitpunkt erlebt die Industrie von Belarus eine Reihe von Negativercheinungen, zu denen Wachstumsabschwächung und Rückgang der Industriebeteili-

gung am BIP, Anhäufung von Lagerbeständen, steigende Anzahl mit Verlust arbeitender Unternehmen sowie deren Nettoschadens, Verringerung der Anzahl rentabler Unternehmen, Schuldenzuwachs sowie warenmäßige und geographische Exportkonzentration. Nahezu alle Industriezweige zeichnen sich durch einen niedrigen Beteiligungsgrad an globalen Wertschöpfungsnetzen aus. Größtenteils sind sie in „absteigende“ Prozesse einbezogen. Das bedeutet, dass sie einen hohen Importanteil haben. Eine Gefahr für die Wirtschaft stellt jedoch nicht die eigentliche Importintensität dar, sondern ihre Kombination mit niedriger Produktionseffizienz im Lande, wodurch die Bedingungen für die Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit belarussischer Unternehmen noch gravierender werden. Dies senkt seinerseits die Chancen der Integration in globale Wertschöpfungsnetze. Eine mögliche Verbesserung könnte durch die Umsetzung des Konzepts Industrie 4.0 erreicht werden.

Die Einbeziehung der Unternehmen in globale Wertschöpfungsketten mithilfe dieser Konzeption erfolgt durch Qualitätserhöhung der hergestellten Produkte, zeitnahe Einhaltung internationaler Qualitätsstandards, Minimierung der Exporthindernisse, erhöhte Absatzeffizienz durch den Einsatz der Techniken intelligenter Datenauswertung und Produktindividualisierung.

sowie Sicherung des Zugangs zu neuen Lieferanten und Märkten über Vernetzungseffekte. Die größten Potentiale dank der Umsetzung von Industrie 4.0 können bei Unternehmen in der chemischen Industrie, des Maschinenbaus und Lebensmittelindustrie entstehen. Das Ausmaß der Potentiale für diese Branchen hängt in vielem von der Einbeziehung in die Industrie 4.0 der Geschäftspartner aus Russland und den EU-Ländern ab.

Zu den wichtigsten Faktoren, die die Umsetzung der Industrie 4.0 bei belarussischen Unternehmen verhindern, gehören hohe Investitionskosten, Mangel an High-Tech-Produktionsanlagen und notwendigen Informationen zum Konzept bei den Unternehmen, Nichtbestehen einer Rechtsgrundlage sowie entsprechender Daten- und Produktionssicherheitssysteme auf der Basis des Internets der Dinge sowie cyber-physischen Systeme.

Ungeachtet der erwähnten negativen Aspekte verfügt das Land über das notwendige Potential für die Umsetzung der Industrie 4.0. In Belarus werden bedeutende Schritte für den Übergang zur elektronischen Regierung gemacht. Es verfügt über eine aufstrebende Branche der Informations- und Kommunikationstechnik sowie ein großes Human-Resources-Potential. Von großem Vorteil ist der gut entwickelte IT-Bereich, wodurch das Land gute Chancen bekommt, sich an Industrie 4.0 als Lieferant der Infrastrukturbestandteile zu beteiligen.

---

Für die Umsetzung dieses Konzepts müsste der Staat die Rolle des Schöpfers notwendiger Voraussetzungen übernehmen. Zu den notwendigen Maßnahmen gehört die Errichtung von Spezialplattformen für Fachaustausch und Zusammenarbeit, Know-How-Schutz, Forschungsförderung über entsprechende Programme, Schaffung rechtlicher Rahmenbedingungen, Lösung der Standardisierungsfragen, Beachtung neuer Anforderungen an Personalqualifikation, Herstellung der Ausrüstung neuer Generation, sowie Kooperation mit anderen Ländern im Bereich Industrie 4.0.



## Literaturverzeichnis

1. Беларусь, факты: ИТ-индустрия. URL: [http://belarusfacts.by/ru/belarus/economy\\_business/key\\_economic/it/](http://belarusfacts.by/ru/belarus/economy_business/key_economic/it/), Stand 09.02.2016.
2. Внешняя торговля Республики Беларусь. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Минск, 2015.
3. Государственная программа развития цифровой экономики и информационного общества на 2016 – 2020 году: Постановление Совета Министров Республики Беларусь, 23 марта 2016 г., № 235// Решения Совета Министров. Минск 2016.
4. Государственный таможенный комитет Республики Беларусь: Итоги внешней торговли Республики Беларусь за январь-декабрь 2015 года. URL: [http://gtk.gov.by/ru/stats/itogi\\_vnesh\\_torgovli2015/dec15](http://gtk.gov.by/ru/stats/itogi_vnesh_torgovli2015/dec15), Stand 18.02.2016.
5. Евразийская экономическая комиссия: Объемы взаимной торговли государств-членов ТС и ЕЭП Динамика по видам экономической деятельности за 2013 год. URL: [http://www.eurasiancommission.org/ru/act/integr\\_i\\_makroec/dep\\_stat/tradestat/tables/intra/Documents/2013/12\\_180/I201312\\_4\\_1.pdf](http://www.eurasiancommission.org/ru/act/integr_i_makroec/dep_stat/tradestat/tables/intra/Documents/2013/12_180/I201312_4_1.pdf), Stand: 10.04.2016.
6. Евразийская экономическая комиссия: Объемы экспорта и импорта ТС и ЕЭП в торговле с третьими странами Динамика объемов экспорта и импорта ТС и ЕЭП в торговле с третьими странами по видам экономической деятельности за январь-декабрь 2013 года. URL: [http://www.eurasiancommission.org/ru/act/integr\\_i\\_makroec/dep\\_stat/tradestat/tables/extra/Documents/2013/12\\_180/E201312\\_5\\_1.pdf](http://www.eurasiancommission.org/ru/act/integr_i_makroec/dep_stat/tradestat/tables/extra/Documents/2013/12_180/E201312_5_1.pdf), Stand 10.04.2016.
7. Журавлева, И.А: Роль создания глобальных цепочек добавленной стоимости. Евразийский союз ученых, Экономические науки, 2015. - №6 (15). – С. 44 – 47.
8. Информационное общество в Республике Беларусь. Национальный статистический комитет Республики Беларусь, Минск 2015.
9. Мешкова Т.А, Моисевич Е.Я.: Мировые тенденции развития глобальных цепочек создания добавленной стоимости и участие в них России. Вестн. Финансового университета, Финансовый ун-т при Правительстве РФ, 2015. - №1. – С. 83 – 96.
10. НТР Belarus: Общие сведения о ПБТ. URL: <http://www.park.by/topic-about>, Stand 05.03.2016.
11. Национальная академия наук Беларуси: Тенденции и перспективы развития промышленного комплекса Республики Беларусь. Минск 2015.
12. Национальный статистический комитет Республики Беларусь: О валовом внутреннем продукте и валовом региональном продукте в 2015 году. URL: [http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okrzhayushchaya-sreda/natsionalnye-scheta/operativnaya-informatsiya\\_5/o-vvp-i-vrp/o-valovom-vnutrennem-produkte-i-valovom-regionalnom-produkte-v-2015-godu/index.php?sphrase\\_id=57190](http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okrzhayushchaya-sreda/natsionalnye-scheta/operativnaya-informatsiya_5/o-vvp-i-vrp/o-valovom-vnutrennem-produkte-i-valovom-regionalnom-produkte-v-2015-godu/index.php?sphrase_id=57190), Stand 19.02.2016.
13. Национальный статистический комитет Республики Беларусь: Объем и индексы промышленного производства. URL: [http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/promyshlennost/godovye\\_dannwe\\_prom/indeksy-promyshlennogo-proizvodstva/](http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/promyshlennost/godovye_dannwe_prom/indeksy-promyshlennogo-proizvodstva/), Stand 18.03.2016.
14. Национальный статистический комитет Республики Беларусь: Промышленность Республики Беларусь. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Минск 2015.

15. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Система таблиц «Затраты-Выпуск» Республики Беларусь за 2013 год. Минск 2015.
16. Национальный статистический комитет Республики Беларусь: Структура валового внутреннего продукта по видам экономической деятельности. URL: [http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/natsionalnye-scheta/godovye-dannye\\_11/struktura-valovogo-vnutrennego-produkta-po-vidam-ekonomicheskoi-deyatelnosti/](http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/natsionalnye-scheta/godovye-dannye_11/struktura-valovogo-vnutrennego-produkta-po-vidam-ekonomicheskoi-deyatelnosti/), Stand: 15.02.2016.
17. Национальный статистический комитет Республики Беларусь: Финансы Республики Беларусь. Минск 2015.
18. Пономаренко А.Н, Мурадов К.Ю.: Новая статистика движения добавленной стоимости в международной торговле. Экономический журнал ВШЭ. – 2014. - №1(том 18). – S. 43-79.
19. Рахматуллина, З.С.: Эволюция категории «Добавленная стоимость» в экономической литературе. Весн. Челябинского государственного ун-та. Вып. 33, Экономика. – 2011. - №31(246). – S. 36 – 39.
20. Указ Президента Респ. Беларусь, 23 янв. 2014 г., № 46: Об использовании государственными органами и иными государственными организациями телекоммуникационных технологий. Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. Минск 2014.
21. CloudERP: Технология Big Data (Анализ Больших Данных). URL: [http://www.clouderp.ru/tags/BIG\\_DATA/](http://www.clouderp.ru/tags/BIG_DATA/), Stand 21.02.2016.
22. Fast salt times: Немецкая индустрия 4.0 VS Американский консорциум промышленного интернета. URL: <http://fastsalttimes.com/sections/obzor/428.html>, Stand 10.02.2016.
23. Kv: SAP в Беларуси интересны крупные компании, стартапы и интеллектуальные ресурсы URL: <http://www.kv.by/content/339452-sap-v-belarusi-interesny-krupnye-kompanii-startapy-i-intellektualnye-resursy>, Stand: 16.03.2016.
24. ALBACH Horst: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. Dr. Th. Gabler Verlag. Wiesbaden 2000.
25. AMA: Brancheninformationen. URL: <http://www.ama-sensorik.de/verband/brancheninformationen/>, Stand: 03.04.2016.
26. BECKER Thomas, KNOP Karsten: Digitales Neuland. Warum Deutschlands Manager jetzt Revolutionäre werden. Springer Gabler. Wiesbaden 2015.
27. BITKOM: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Berlin 2014.
28. BÜHNER Rolf: Betriebswirtschaftliche Organisationslehre. 6. Auflage. R. Oldenbourg Verlag. München 1992.
29. Commerzbank: Transport/Logistik. URL: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/In-der-Praxis/Internationales/internationales.html>, Stand 02.03.2016.
30. Design-union: Internet of Things. URL: <http://design-union.ru/authors/theory/1490-internet-of-things-futurodesignlab>, Stand 09.01.2016.
31. European Commission: Funding Opportunities. URL: <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/index.html>, Stand: 16.03.2016.
32. HEINEN Edmund: Industriebetriebslehre. Entscheidungen im Industriebetrieb. Lehrbuch, 9. Auflage. Dr. Th. Gabler Verlag, Wiesbaden 1991.
33. Heise online: Bitkom: Industrie 4.0 kommt in Unternehmen an. URL: <http://www.heise.de/ix/meldung/Bitkom-Industrie-4-0-kommt-in-Unternehmen-an-2600056.html>, Stand 18.04.2016.
34. HOMBURG Christian: Quantitative Betriebswirtschaftslehre. Lehrbuch, 3.Auflage. Dr. Th. Gabler Verlag, Wiesbaden 2000.

35. HUMMELS David, ISHII Jun, YI Kei-Mu: The nature and growth of vertical specialization in world trade. Journal of international economics. №54 2014.
36. It-production.com: Der lange Weg zur Smart Factory. URL: [http://www.it-production.com/index.php?seite=einzel\\_artikel\\_ansicht&id=62561&page=2](http://www.it-production.com/index.php?seite=einzel_artikel_ansicht&id=62561&page=2), Stand 08.03.2016.
37. McKinsey Global Institute: Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. URL: <https://docs.google.com/file/d/0B7gRH-EJLbZX3RZbEswYU5Nc0E/edit?pref=2&pli=1>, Stand 10.03.2016.
38. KOOPMAN Robert, POWERS William, WANG Zhi, WEI Shang-Jin: Give credit where credit is due: tracing value added in global production chains Cambridge: NBER, 2010.
39. KÖHLER-SCHUTE Christiana: Industrie 4.0: Ein praxisorientierter Ansatz. KS-Energy-Verlag, Berlin 2015.
40. MANZEL Christian, SCHLEUPNER Linus, HEINZE Ronald: Industrie 4.0 im internationalen Kontext. Kernkonzepte, Ergebnisse, Trends: VDE Verlag, Berlin 2016.
41. NIEBEL Thomas, OHNEMUS Jörg, VIETE Steffen: Industrie 4.0: Digitale (R)Evolution der Wirtschaft. ZEW, Mannheim 2015.
42. Oecd.stat: Domestic value added in exports of intermediate products as a share of total gross exports. URL: <https://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=66237#>, Stand 02.03.2016.
43. Oecd.stat: Foreign value added share of gross exports. URL: <https://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=66237#>, Stand: 16.03.2016.
44. Oecd.stat: Gross exports. URL: <https://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=66237#>, Stand 21.03.2016.
45. Oecd.stat: Gross exports of intermediate products. URL: <https://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=66237#>, Stand 21.03.2016.
46. Oecd.stat: Gross imports of intermediate products. URL: <https://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=66237#>, Stand: 21.03.2016.
47. Oecd.stat: Input-Output Tables. URL: <http://stats.oecd.org/index.aspx?DatasetCode=IOTS>, Stand 02.03.2016.
48. Oecd.stat: Production, gross output. URL: <https://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=66237#>, Stand 02.03.2016.
49. Oecd.stat: Value added. URL: <https://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=66237#>, Stand 07.03.2016.
50. OLFERT Klaus: Produktionswirtschaft. Kompendium der praktischen Betriebswirtschaft. 9. Auflage. Friedrich Kiehl Verlag, Ludwigshafen (Rhein) 2009.
51. Plattform Industrie 4.0: Smart factories – ein weltweites Projekt. URL: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/In-der-Praxis/Internationales/internationales.html>, Stand 14.03.2016.
52. Plattform Industrie 4.0: Was ist Industrie 4.0? URL: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>, Stand 05.01.2016.
53. Rcpbuyersguide: Software 500 companies. URL: <http://www.rcpbuyersguide.com/top-companies.php>, Stand 20.03.2016.
54. SCHNALEN Helmut, PECHTL Hans: Grundlagen und Probleme der Betriebswirtschaft. 15. Auflage. Schäffer-Poeschel Verlag für Wirtschaft, Steuern, Recht, Stuttgart 2013.
55. SCHMELZER Hermann J., SESSELMANN Wolfgang: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis. Runden zufrieden stellen, Produktivität steigern, Wert erhöhen. 8. Auflage. Carl Hanser Verlag, München 2013.
56. Statista: Anteile der Wirtschaftssektoren am Bruttoinlandsprodukt (BIP) in den wichtigsten Industrie- und Schwellenländern im Jahr 2014. URL:

- <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/37088/umfrage/anteile-der-wirtschaftssektoren-am-bip-ausgewaehlter-laender/>, Stand 07.04.2016.
57. The world bank: Global Rankings 2014. URL: <http://ipi.worldbank.org/international/global>, Stand 20.03.2016.
58. VAHS Dietmar: Organisation. Einführung in die Organisationstheorie und – praxis: Lehrbuch. 6. Auflage. Schäffer-Poeschel Verlag für Wirtschaft, Steuern, Recht, Stuttgart 2007.
59. VDE: Einführung in das Kompetenzzentrum Industrie 4.0. URL: <https://www.vde.com/de/Technik/Industrie40/Seiten/Einf%C3%BChrung.aspx>, Stand 07.01.2016.
60. VDMA: Robotik und Automation sichert Zukunft der industriellen Produktion. URL: [https://www.vdma.org/documents/106005/1642530/Presseinformation\\_lang\\_VDMA\\_R%2BA\\_PI\\_2013-05-28.pdf/a3fe6e13-00c6-46cb-afc6-479f0fc2b6c8](https://www.vdma.org/documents/106005/1642530/Presseinformation_lang_VDMA_R%2BA_PI_2013-05-28.pdf/a3fe6e13-00c6-46cb-afc6-479f0fc2b6c8), Stand 16.03.2016.
61. Wirtschaftsingenieur: Industrie 4.0 – Konzepte und Herausforderungen. URL: <http://www.der-wirtschaftsingenieur.de/index.php/industrie-4-0-konzepte-und-herausforderungen/>, Stand 06.01.2016.
62. WISCHMANN Steffen, WANGLER Leo, BOTTHOF Alfons: Industrie 4.0: Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland: VierC print+mediafabrik, Berlin 2015.
63. ZEW: IKT-Branche in Deutschland legt weiter zu. URL: <http://www.zew.de/de/presse/pressearchiv/ikt-branche-in-deutschland-legt-weiter-zu/>, Stand 06.04.2016.

## Anhang A – Indikatoren des deutschen Fahrzeugbaus

Tabelle A.1 – Indikatoren der Staaten, die im Bereich Fahrzeugbau im Jahre 2011 gemessen am Produktionsvolumen führende Positionen belegten:

Staat	Produktionsvolumen, in Prozent	Anteil des Exports an Produktion, in Prozent	Wertschöpfung, in Prozent	IV/Ex	FV/Ex	GVC_Participation	GVC_Position
Deutschland	10,70	47,43	12,80	29,82	32,08	0,62	-0,02
Japan	11,59	27,04	11,71	36,59	14,23	0,51	0,18
USA	13,92	26,84	14,47	32,06	28,94	0,61	0,02
China	21,26	9,85	17,05	30,72	29,97	0,61	0,01

Tabelle A.2 - Haupthandelspartner Deutschlands in dieser Branche im Jahre 2011:

Staat	Import von Zwischengütern, in Prozent	Export von Zwischengütern, in Prozent
EU-Staaten	72,86	45,76
Frankreich	14,93	11,49
Großbritannien	8,33	7,07
China	3,75	12,50
USA	5,37	9,74

## Anhang B – Indikatoren der deutschen chemischen Industrie

Tabelle B.1 – Indikatoren der Staaten, die im Bereich chemische Industrie im Jahre 2011 gemessen am Produktionsvolumen führende Positionen belegten:

Staat	Produktionsvolumen, in Prozent	Anteil des Exports an Produktion, in Prozent	Wertschöpfung, in Prozent	IV/Ex	FV/Ex	GVC_Participation	GVC_Position
Deutschland	4,39	42,25	5,05	50,84	32,39	0,83	0,13
Japan	8,97	10,65	8,76	63,14	25,84	0,89	0,26
USA	14,78	18,50	17,68	55,27	23,62	0,79	0,23
China	25,02	6,82	19,46	46,07	41,40	0,87	0,03

Tabelle B.2 – Haupthandelspartner Deutschlands in dieser Branche im Jahre 2011:

Staat	Import von Zwischengütern, in Prozent	Export von Zwischengütern, in Prozent
EU-Staaten	62,31	51,52
Frankreich	8,92	8,88
Italien	5,58	7,17
Niederlande	8,87	1,39
Schweden	1,65	1,60
USA	9,30	7,15

## Anhang C - Indikatoren der deutschen Metallurgie

Tabelle C.1 – Indikatoren der Staaten, die im Bereich Metallurgie im Jahre 2011 gemessen am Produktionsvolumen führende Positionen belegten:

Staat	Produktionsvolumen, in Prozent	Anteil des Exports an Produktion, in Prozent	Wertschöpfung, in Prozent	IV/Ex	FV/Ex	GVC_Participation	GVC_Position
Deutschland	5,51	35,08	6,68	56,01	38,17	0,94	0,38
Japan	7,54	16,36	10,15	75,35	21,51	0,97	1,22
USA	9,68	11,73	10,89	63,60	27,24	0,91	0,83
China	31,65	6,78	23,82	61,84	32,52	0,94	0,63

Tabelle C.2 – Hauptaußenhandelspartner Deutschlands in dieser Branche im Jahre 2011:

Staat	Import von Zwischengütern, in Prozent	Export von Zwischengütern, in Prozent
EU-Staaten	59,72	55,29
Frankreich	9,91	8,07
Italien	8,75	11,55
Österreich	5,12	8,03
Russland	2,67	9,80

## Anhang D – Indikatoren des deutschen Maschinenbaus

Tabelle D.1 - Indikatoren der Staaten, die im Bereich Maschinenbau im Jahre 2011 gemessen am Produktionsvolumen führende Positionen belegten:

Staat	Produktionsvolumen, in Prozent	Anteil des Exports an Produktion, in Prozent	Wertschöpfung, in Prozent	IV/Ex	FV/Ex	GVC_Participation	GVC_Position
Deutschland	9,10	50,28	11,52	38,79	26,68	0,65	0,09
Japan	9,52	29,06	11,35	48,87	14,37	0,63	0,26
USA	9,11	36,64	11,76	35,57	23,90	0,59	0,09
China	31,97	12,67	23,57	37,48	30,42	0,68	0,05

Tabelle D.2 – Hauptaußenhandelspartner Deutschlands in dieser Branche im Jahre 2011:

Staat	Import von Zwischengütern, in Prozent	Export von Zwischengütern, in Prozent
EU-Staaten	59,72	55,29
Frankreich	6,73	6,93
Italien	12,06	4,21
Tschechien	6,82	1,26
Österreich	6,31	3,33
Schweiz	8,76	1,66
China	8,93	16,45
USA	6,07	14,30



## Anhang E – Indikatoren der deutschen Produktion von elektrischen und optischen Geräte

Tabelle E.1 – Indikatoren der Staaten, die gemessen am Produktionsvolumen im Bereich Produktion von elektrischen und optischen Geräten im Jahre 2011 führende Positionen belegten:

Staat	Produktionsvolumen, in Prozent	Anteil des Exports an Produktion, in Prozent	Wertschöpfung, in Prozent	IV/Ex	FV/Ex	GVC_Participation	GVC_Position
Deutschland	5,52	50,04	8,12	44,09	25,10	0,69	0,14
Japan	9,40	32,91	12,57	55,76	16,91	0,73	0,29
Südkorea	6,12	43,99	5,19	39,02	41,77	0,81	-0,02
USA	8,53	32,97	18,45	49,23	14,78	0,64	0,26
China	34,15	32,71	19,17	24,30	53,81	0,78	-0,21

Tabelle E.2 – Hauptaußenhandelspartner Deutschlands in dieser Branche im Jahre 2011:

Staat	Import von Zwischengütern, in Prozent	Export von Zwischengütern, in Prozent
EU-Staaten	59,72	55,29
Großbritannien	3,49	6,16
Italien	4,71	6,77
Frankreich	4,81	5,50
Tschechien	8,42	3,36
China	22,01	19,75
USA	5,56	8,41

## Anhang F – Zusätzliche Wertschöpfung durch Umsetzung von „Industrie 4.0“ in Deutschland

Tabelle F.1 – Zusätzliche Wertschöpfung durch deutsche Unternehmen als Resultat der Umsetzung von „Industrie 4.0“ in Abhängigkeit von Unternehmensgröße und Szenario:

Industriezweig	Szenario	Zusätzliche Wertschöpfung in Mio. Rubel		
		Große Unternehmen	Mittlere Unternehmen	Kleine Unternehmen
Chemische Industrie	Ex-ante	10.070,47	5.035,24	5.035,24
	Ex-post	10.070,47	15.105,71	7.552,85
	Koordination	15.105,71	15.105,71	12.588,09
Metallurgie	Ex-ante	2.845,68	1.422,84	1.422,84
	Ex-post	2.845,68	4.268,51	2.134,26
	Koordination	4.268,51	4.268,51	3.557,09
Maschinenbau	Ex-ante	8.702,25	4.351,13	4.351,13
	Ex-post	8.702,25	13.053,38	6.526,69
	Koordination	13.053,38	13.053,38	10.877,81
Herstellung von elektrischen und optischen Geräten	Ex-ante	8.126,82	4.063,41	4.063,41
	Ex-post	8.126,82	12.190,23	6.095,11
	Koordination	12.190,23	12.190,23	10.158,52
Fahrzeugbau	Ex-ante	6.764,36	3.382,18	3.382,18
	Ex-post	6.764,36	10.146,53	5.073,27
	Koordination	10.146,53	10.146,53	8.455,44

## **Eigenständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

---

Ort, Datum

Vorname Nachname